

# Proyecto Fin de Carrera

Desarrollo de herramientas y casos para el  
aprendizaje no presencial de Ingeniería de la  
Calidad.

Autor:

Javier Sanz Calvo

Directores:

José Antonio Yagüe Fabra

Juan José Aguilar Martín

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Año 2014

## PFC RESUMEN

El nuevo paradigma de enseñanza-aprendizaje introducido por el Espacio Europeo de Educación Superior coloca al estudiante en el centro de su proceso de aprendizaje. En relación a ello, el sistema universitario español ha realizado en estos últimos años grandes esfuerzos de adaptación al nuevo planteamiento docente y a las nuevas metodologías utilizadas. Dentro de este contexto la enseñanza no presencial cobra cada vez mayor importancia, a ello debemos unir las herramientas informáticas con las que se cuenta a día de hoy para llevar a cabo una enseñanza de garantías.

El objetivo del presente proyecto es la utilización de muchas de estas herramientas formativas que nos ofrecen las *TIC'S (Tecnologías de la información y la comunicación)* y los *Entornos virtuales de aprendizaje* para el desarrollo de un curso de formación no presencial de Ingeniería de la Calidad. Siendo el resultado final del mismo un ejemplo de curso en la plataforma web de enseñanza no presencial *Moodle 2.3*, en el que se han incluido ejemplos de contenidos teóricos, casos prácticos, vídeo-presentaciones explicativas, herramientas de comunicación profesor-estudiantes, etc.

El desarrollo de este proyecto se encuentra enmarcado en una de las asignaturas del Máster Propio en Metrología Industrial e Ingeniería de la Calidad, estudio propio de la Universidad de Zaragoza. En la elaboración del mismo se ha procedido a la realización y resolución de diferentes casos prácticos ligados a determinados conceptos teóricos, aplicables a día de hoy al entorno industrial y a las diferentes necesidades demandadas por este. Los casos prácticos a desarrollar incluyen temas relacionados con metodologías de calidad de gran actualidad y peso en la industria actual: Lean Manufacturing, 6 sigma, Advanced Product Quality Planning (APQP), etc.

Mediante el uso de *Moodle 2.3* se ha optimizado la actividad docente no presencial, empleando para ello los recursos actuales de dicha herramienta, tales como: un espacio virtual para colgar el temario y los supuestos prácticos, foros, cuestionarios, etc. Además de la utilidad que nos ofrece Google Hangouts junto a YouTube para la aplicación de mensajería instantánea en la que gracias a su servicio de videoconferencias, permite realizar seminarios y tutorías online.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. CONTEXTO .....	6
2.1 Introducción. ....	6
2.2 El entorno virtual de aprendizaje. ....	6
2.3 Lean Manufacturing, definición y orígenes. ....	7
2.4 El Lean Manufacturing en España. ....	8
3. OBJETIVOS .....	10
3.1 Introducción. ....	10
3.2 Estrategia de un aprendizaje activo. ....	10
3.2.1 Adaptación de la enseñanza al contexto socio-cultural contemporáneo y al perfil de usuarios dentro de la sociedad de la información. ....	11
3.2.2 Contribución al proceso de alfabetización digital. ....	11
3.2.3 Promover la innovación docente de asignaturas. ....	12
4. DESARROLLO .....	14
4.1 Introducción. ....	14
4.2 Contenidos del curso y selección. ....	14
4.3 El rol docente en el entorno virtual. ....	19
4.3.1 Organización de la asignatura y publicación de material docente. ....	20
4.3.2 Actividades. ....	23
4.3.3 Ejemplo práctico metodología bloque 1: Planificación y Gestión de la producción..	24
4.3.4 Facilitar la comunicación entre los miembros implicados en la docencia. ....	36
4.3.5 Posibilidad de realizar tareas en grupo. ....	39
5. ESTUDIO ECONÓMICO .....	41
5.1 Introducción. ....	41
5.2 Estudio económico alumnos residentes en Zaragoza. ....	43
5.3 Estudio económico alumnos residentes fuera de la provincia de Zaragoza y en otras comunidades autónomas. ....	44
5.4 Estudio económico alumnos residentes fuera de España. ....	45
5.5 Conclusiones. ....	45
6. RESULTADOS .....	48
6.1 Objetivos terminales. ....	48
7. CONCLUSIONES .....	50
7.1 Introducción .....	50

7.1.1 La inclusión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC'S) en el ámbito educativo. ....	50
7.1.2 La realidad de un nuevo modelo de aprendizaje. ....	51
7.1.3 El uso de Moodle y sus ventajas.....	51
7.1.4 Conclusiones finales. ....	52
ANEXO 1 Como grabar presentaciones de Power Point con Camtasia Studio. ....	54
ANEXO 2 Cómo realizar seminarios y tutorías on-line a través de YouTube con Google Hangouts. ....	61
ANEXO 3 Desarrollo de un caso práctico: AMFE Análisis modal de fallos y efectos.....	68
ANEXO 4 Tablas para el Análisis Modal de Fallos y Efectos. ....	74
ANEXO 5 Desarrollo de un caso práctico: Árbol de fallos. ....	77
ANEXO 6 Desarrollo de un caso práctico: 7 Herramientas básicas del control de la calidad Industrial. ....	87
ANEXO 7 Desarrollo de un caso práctico: Las 5S, mejora continua. ....	102
ANEXO 8 Desarrollo de un caso práctico: KANBAN, mejora continua. ....	111
ANEXO 9 Desarrollo de un caso práctico: Poka Yoke, mejora continua. ....	117
ANEXO 10 Casos prácticos resueltos.....	123
ANEXO 11 Casos prácticos propuestos. ....	176
8. BIBLIOGRAFÍA.....	189

## 1. INTRODUCCIÓN

Las nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones han abierto desde su introducción nuevas dimensiones dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje. La enseñanza impartida por ordenador marco el inicio de importantes cambios dentro del proceso docente, mediante la introducción de tutoriales, simulaciones, hipertextos e hipermedias.

En la última década del siglo pasado fueron desarrolladas las primeras plataformas virtuales con el objetivo de gestionar cursos, llevando consigo un gran avance de cara a las nuevas posibilidades de interactividad que han impulsado posteriormente dichas plataformas. Ha sido necesario un importante desarrollo de numerosas ideas que sustentan el actual entorno docente así como la aparición de nuevos enfoques, que han permitido una utilización más efectiva de las TIC's dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Pese a los avances realizados, la introducción de las TIC's en el mundo de la enseñanza universitaria, todavía no ha alcanzado en España los niveles de uso que deberían. Un hecho de gran relevancia es el gran uso que los estudiantes hacen de las TIC's en diferentes actividades extracurriculares, lo cual lleva a pensar que la optimización de estas en el campo docente llevaría consigo un incremento extra de motivación en el aprendizaje de los estudiantes. En la actualidad la educación virtual se desarrolla cada vez con mayor énfasis en un aprendizaje centrado en el estudiante, lo cual viene a ser más fácil de llevar a cabo mediante el empleo de las TIC's

En la última etapa del año 2000 se comenzaron a desarrollar plataformas interactivas de gestión de cursos de código libre, la optimización de estas, las ha convertido en una opción que parte con más ventaja que otras plataformas de similar carácter comercial como Blackboard y WebCT.

Actualmente las principales plataformas interactivas de código libre que podemos encontrar son: ATutor, Moodle, Claroline, y Flee3 entre otras. La plataforma interactiva Moodle, con la cual trabaja la Universidad de Zaragoza desde hace varios años, posee

una estructura interna que le permite implementar diferentes módulos con una distribución básica, paralelamente, concede a los usuarios- desarrolladores la opción de que otros módulos de mayor complejidad sean integrados.

Gracias a la “Comunidad Moodle”, con el paso del tiempo se han ido desarrollando unidades modulares que facilitan a usuarios y profesores una gestión educativa de mayor alcance. Podemos mencionar entre otras el portafolio electrónico, encuestas feedback, el módulo libro o el dfwiki.

Debemos destacar la existencia de foros y listas de discusión, las cuales presentan una gran actividad y nos permiten llevar a cabo la resolución de cuestiones que se presentan en la implementación y funcionamiento de los módulos. Se ha ganado en estabilidad y rapidez mediante la gestión de la última versión estable en el Campus Virtual de la universidad de Zaragoza, Moodle 2.3.

Hablar de las anteriores TIC’s implica hacer mención a otro tipo de plataformas similares que día tras día, alcanzan niveles de éxito mayores. Se trata de Massive Online Open Courses (Cursos online masivos y abiertos) o la plataforma Coursera, las cuales muestran claramente la gran evolución sufrida por la educación abierta en internet.

La creación de conocimiento está basada en el establecimiento de diferentes conexiones, que posibilitan múltiples opciones de aprendizaje dentro de un curso determinado cuanto mayor sea el número de nodos existentes. El cambio de las plataformas educativas cerradas a entornos de aprendizaje abierto ha supuesto el seguimiento de miles de personas hacia distintas iniciativas educativas.

Por lo tanto el actual movimiento existente en las TIC’s, nos hace plantearnos una discusión acerca del futuro de la educación superior, del rol que juegan dentro de este las universidades y de los métodos de aprendizaje existentes a lo largo de nuestras vidas y el impacto directo de estos en la empleabilidad.

## 2. CONTEXTO

### 2.1 Introducción.

En esta última década el sistema universitario español ha ido adaptándose a los nuevos planteamientos y metodologías docentes. Con el paso del tiempo la docencia no presencial cobra cada vez mayor importancia, de ahí la idea de utilizar las potentes herramientas disponibles para una eficiente puesta en marcha de esta.

Por lo tanto el contexto principal en el que situamos el presente proyecto, no es otro que, la docencia no presencial junto al empleo de las herramientas informáticas brevemente mencionadas en el apartado 1 y que posteriormente se explicaran más complejamente en los apartados siguientes.

En cuanto al contenido y el foco principal de aplicación del entorno virtual de aprendizaje, debemos de hablar de determinados conceptos prácticos y teóricos relacionados con metodologías de la Ingeniería de la Calidad y Lean Manufacturing en el entorno industrial.

### 2.2 El entorno virtual de aprendizaje.

El *Entorno Virtual de Aprendizaje* consiste en un espacio educativo que se encuentra alojado en la web, este se compone de un conjunto de herramientas informáticas que posibilitan la interacción didáctica.

Las principales características de un *Entorno de Aprendizaje Virtual (EVA)* son:

- Constituye un ambiente electrónico, carente de un sentido físico y material, elaborado y constituido por diversas tecnologías digitales.
- Se encuentra alojado en la red y se puede tener acceso remoto a sus contenidos a través de algún tipo de dispositivo con conexión a Internet.
- El principal soporte para las actividades formativas de profesorado y alumnado está constituido por una serie de aplicaciones o programas informáticos.
- En cuanto a la relación didáctica, a diferencia de la enseñanza presencial no se produce cara a cara, sino por medio de tecnologías digitales. Una de las grandes

ventajas de los *EVA* es el desarrollo de la docencia sin la necesidad de que profesor y alumno coincidan en espacio y tiempo.

Por lo cual es evidente a la hora de hablar de este tipo de entornos que existe una interrelación más que potenciabile entre la dimensión tecnológica y la dimensión educativa.

En lo referente a una dimensión tecnológica, debemos hacer referencia de las herramientas o aplicaciones informáticas que constituyen su entorno. Estas herramientas conformarán el principal soporte e infraestructura para el desarrollo de la propuesta docente llevada a cabo en el presente proyecto.

En general, estas herramientas pueden variar dependiendo de un tipo de *EVA* u otro, pero en líneas generales están orientadas de acuerdo a las siguientes acciones:

- Publicación de material docente y actividades.
- Facilitar la comunicación entre los miembros implicados en la docencia.
- Posibilidad de realizar tareas en grupo.
- Organización de la asignatura.

La dimensión educativa de un *EVA* queda representada por el proceso de enseñanza y aprendizaje que este desarrolla mediante procesos de comunicación multidireccionales (docente/alumno – alumno/ docente y alumnos entre sí). Dicha dimensión se caracteriza por contener un espacio humano y social, basado en una interacción dinámica que se genera entre profesores y alumnos a partir del planteamiento y resolución de actividades didácticas.

### **2.3 Lean Manufacturing, definición y orígenes.**

El *Lean Manufacturing*, o modelo de fabricación esbelta, constituye una alternativa consolidada dentro del proceso productivo. Es una filosofía de producción, cuyo principal objetivo no es otro que eliminar todo tipo de desperdicio existente dentro de cualquier proceso de fabricación, basado en la aplicación sistemática de una serie de técnicas de fabricación que no tienen otro objetivo que la mejora de los procesos de fabricación mediante la reducción de todos aquellos “desperdicios”, es decir, esos



procesos o actividades que usan una cantidad de recursos mayor que la estrictamente necesaria.

Para hablar de los orígenes del Lean Manufacturing debemos remontarnos a los años 50, concretamente al sistema de producción *Just in Time* (JIT) desarrollado por la empresa automovilística Toyota.

Como consecuencia de la extensión del sistema a nuevos sectores y países, el *Lean Manufacturing* se ha ido consolidando como un modelo sólido dentro del paradigma de los sistemas de mejora de la productividad en relación a la excelencia industrial.

La clave de dicho modelo es la creación de una nueva cultura que acostumbre a encontrar aquellas aplicaciones que mejoran la planta de fabricación en todos los niveles de la organización, y todo esto en contacto directo con los problemas que surgen. Se considerará por lo tanto de vital importancia la comunicación y colaboración plena entre operarios, mandos y directivos.

## **2.4 El Lean Manufacturing en España.**

En la actualidad el Lean Manufacturing no se presenta como un fenómeno nuevo para las empresas españolas. Se han realizado varios estudios en los últimos años para ver el grado de implantación, de cuyos resultados hemos obtenido los mayores niveles de aplicación en empresas grandes y medianas.

El sector más representativo es el de automoción y en segundo lugar le sigue el sector de la alimentación. También ocupa una posición importante la industria de transformación metalmeccánica.

Las mayores mejoras relativas que se han obtenido con la implantación de las Técnicas Lean en España están relacionadas con algunos de los siguientes aspectos:

- Aumento de la productividad (90%)
- Reducción de costes (90%)
- Reducción de plazos y periodos de producción (89%)
- Incremento de la flexibilidad (86%)

A la vista de algunos de los resultados obtenidos, se puede deducir que la aplicación de la experiencia *Lean* es muy positiva, situando esta como una de las apuestas claves para mejorar la competitividad de las empresas.

Para concluir este apartado podemos decir que es importante un acercamiento entre aquellas empresas que han implantado las Técnicas Lean y aquellas que a día de hoy siguen sin utilizarlas, siendo únicamente posible con una mayor difusión de dichas técnicas.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Introducción.**

El principal objetivo es la utilización de las herramientas que componen determinadas *TIC'S* para llevar a cabo el desarrollo de un curso de formación docente no presencial relacionado con la Ingeniería de la Calidad.

Mediante la realización de este proyecto, se busca facilitar el cambio en el diseño de cursos de educación tradicional, proponiendo como uno de los puntos principales la responsabilidad docente del profesor a la hora de diseñar y administrar experiencias de aprendizaje a los estudiantes.

#### **3.2 Estrategia de un aprendizaje activo.**

Se ha considerado como una prioridad, la selección de una serie de estrategias de aprendizaje activo, en contraste con la educación tradicional y con base en el pleno convencimiento de que cada individuo es dueño de su aprendizaje, dependiendo de su propia voluntad. El conocimiento es algo que construye el propio alumno apoyándose en las herramientas que en este caso brinda la Universidad de Zaragoza para la realización de estudios no presenciales.

El modelo tradicional educativo centra los esfuerzos en el profesor como fuente de conocimiento y no en el alumnado; quedando en un segundo plano el potencial particular de cada estudiante, por ello se apuesta por un modelo en el que es el propio individuo el que construye el conocimiento.

En lo que respecta al profesor, su papel fundamental se basa en el diseño de una serie de experiencias que proporcionan al estudiante una autonomía de aprendizaje, motivándole y proporcionándole herramientas para alcanzar los objetivos. Entendiendo por diseñar y administrar experiencias de aprendizaje como toda aquella gestión y planificación de actividades y ayudas, que son orientadas al estudiante dentro el proceso de construcción de su propio conocimiento.

Determinados fenómenos socioculturales han sido verdaderamente influyentes en la adopción de la docencia virtual. Podríamos considerar una serie de razones principales que alientan algunos de los principales objetivos acerca del uso de entornos virtuales formativos:

### **3.2.1 Adaptación de la enseñanza al contexto socio-cultural contemporáneo y al perfil de usuarios dentro de la sociedad de la información.**

En las últimas décadas del siglo XX, comenzó a configurarse el entorno en el que hoy encontramos ubicada la sociedad de la información, caracterizado por la digitalización de la información a través del uso de las tecnologías informáticas y digitales (computador, internet, teléfono móvil, cd y dvd, reproductores digitales, etc.) A día de hoy la presencia tecnológica es un fenómeno irreversible en el mundo contemporáneo, y la escuela y sus métodos de enseñanza no pueden ni deben mantenerse al margen de esta realidad.

En definitiva la enseñanza fundamentada en el uso de ambientes virtuales es una necesidad para promover la inclusión en los diferentes ambientes sociales, culturales, económicos y laborales de la sociedad del siglo XXI, y que ayuda a los alumnos a formarse adquiriendo todas aquellas capacidades vinculadas con el entorno cultural del mundo contemporáneo.

### **3.2.2 Contribución al proceso de alfabetización digital.**

En relación al contenido del punto anterior, hoy en día la alfabetización digital es una de las competencias esenciales para la vida en el mundo contemporáneo. Actualmente la cultura tiene un carácter multimodal, distribuyéndose y expresándose mediante diferentes soportes (el tradicional papel y la pantalla viven conjuntamente), lenguajes (no solo encontramos los textos escritos, también imágenes fijas, el video, el hipertexto...) y tecnologías donde el tradicional libro convive con los ordenadores, Internet, los teléfonos móviles, etc.

Por todo ello, en esta sociedad de la información se exige mucho más que saber leer y escribir en el tradicional texto impreso, cobrando una gran importancia multialfabetización.

### **3.2.3 Promover la innovación docente de asignaturas.**

Entendiendo por ello, aquel proceso de innovación dentro de un proceso de cambio planificado, sustentado en la teoría y la reflexión con el fin de contribuir a la mejora de la enseñanza y el aprendizaje. Toda enseñanza implementada con un *EVA* ofrece muchas oportunidades para la innovación, entre las cuales destacaríamos:

- **Adopción de un modelo de enseñanza centrado en el alumnado.**

Un modelo basado en el aprendizaje como proceso activo e interactivo, en el que se busca que el alumno mediante su participación ponga en marcha todas aquellas habilidades de pensamiento necesarias en relación con los temarios abordados, buscando la realización de actividades que lleven consigo el pensamiento sobre los contenidos tratados y la participación, comunicación y trabajo cooperativo con los distintos miembros del grupo. La adopción de dicho modelo se refleja en el *EVA* en dos acciones: la publicación de materiales y la propuesta de actividades para la reproducción de esa información.

- **Extensión de los límites espacio-temporales del aula presencial.**

Todo proceso de enseñanza y aprendizaje debe ser ampliado más allá de sus ámbitos físicos y fuera de los horarios en los que se imparte la docencia.

- **Ampliación de las opciones de comunicación disponibles.**

La ampliación de las posibilidades de comunicación contribuye a crear nuevas oportunidades dentro del aprendizaje, paralelamente favorece la tutoría y evaluación continua de los procesos formativos por parte del profesor.

- **Nuevas estrategias metodológicas del ámbito virtual**

Tales como el chat o videoconferencia, confección de diarios de aprendizaje, resolución de problemas y proyectos colaborativos en wikis, solución de actividades de aprendizaje basadas en internet, confección de glosarios multimedia, etc.

- **Empleo de nuevos recursos didácticos.**

El principal agente de la innovación es el docente, aquel que activa y configura el potencial formativo que encierran dichas tecnologías.

De ahí la gran importancia del empleo de nuevos recursos didácticos (hipertextos, simulaciones, animaciones, archivos de sonido, videos, publicaciones periódicas disponibles online, etc.).

## 4. DESARROLLO

### 4.1 Introducción.

Como ya hemos dicho, el objetivo del proyecto es la utilización de las herramientas informáticas que nos ofrecen determinadas TIC'S o plataformas docentes digitales, como es en este caso Moodle 2.3, para el desarrollo de un curso de formación no presencial relacionado con la Ingeniería de la Calidad.

A lo largo del proyecto se han ido desarrollando ,en torno a un temario referente a determinados conceptos del *Lean Manufacturing* y de la *Ingeniería de la Calidad*, ejemplos de presentaciones en *Power Point* con videos explicativos, contenidos teóricos, casos prácticos, herramientas de comunicación profesor-estudiantes, etc. Todo ello se documenta en el presente apartado de la memoria del proyecto así como en sus respectivos anexos.

### 4.2 Contenidos del curso y selección.

La selección de los diferentes contenidos de este bloque de formación docente no presencial, se ha hecho teniendo en cuenta que los mismos comprendan todos aquellos componentes teóricos y prácticos que se ha considerado de gran relevancia, en relación al temario de la asignatura obligatoria del plan antiguo de Ingeniería Industrial.

Es importante reseñar, que este proyecto, está enmarcado como una de las asignaturas de formación on-line del Máster Propio en Metrología Industrial e Ingeniería de la calidad de la Universidad de Zaragoza, por ello se ha puesto la mayor parte del interés en el desarrollo y planteamiento de casos prácticos así como en la optimización de las correspondientes herramientas de aprendizaje. Los contenidos, podemos agruparlos en torno a 4 bloques:

1. ***Planificación y gestión de la producción.***
2. ***Calidad en diseño y planificación de procesos.***
3. ***7 herramientas básicas de la calidad.***
4. ***Gestión de la calidad, mejora continua.***

A continuación se adjuntan mediante una serie de tablas los contenidos de aprendizaje seleccionados en función de los 4 bloques anteriores, siendo de gran relevancia conocer y el saber hacer de cada una de las diferentes herramientas de la calidad.

1. PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN	
CONOCER	SABER HACER
<p><b><u>TEORÍA:</u></b></p> <p>Planificación y características del producto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicadores de calidad del producto</li> <li>• Análisis de valor</li> <li>• Acciones para determinar exigencias del cliente</li> <li>• Modelo Kano</li> </ul> <p>Plan de gestión de calidad.</p> <p>QFD Despliegue funcional de calidad.</p> <p><b><u>MATERIAL DISPONIBLE PARA LA REALIZACIÓN</u></b></p> <p><b><u>DE CASOS PRÁCTICOS:</u></b> <i>(Ver capítulo 4.3.3)</i></p> <p>Plantilla QFD-DFC.</p> <p>Cómo desarrollar un caso práctico (presentación).</p> <p><b><u>CONTENIDO PRÁCTICO RESUELTO:</u></b> <i>(Ver capítulo 4.3.3)</i></p> <p>QFD Lanzamiento cámara fotográfica.</p>	<p><b><u>CONTENIDO PRÁCTICO</u></b></p> <p><b><u>PROPUESTO:</u></b> <i>(Ver capítulo 4.3.3)</i></p> <p>QFD Propuesta de lanzamiento nuevo modelo de teléfono móvil al mercado.</p>

**Tabla 4.2.1 Bloque planificación y gestión de la producción.**



## 2. CALIDAD EN DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PROCESOS

CONOCER	SABER HACER
<p><b><u>TEORÍA:</u></b></p> <p>Revisión de diseño. Análisis de modos de fallos y sus defectos AMFE. Análisis de árbol de fallos. Diseño estadístico de experimentos. Definición estadística de tolerancias.</p> <p><b><u>MATERIAL DISPONIBLE PARA LA REALIZACIÓN DE CASOS PRÁCTICOS:</u></b></p> <p><b>AMFE (Ver Anexo 4)</b> Plantilla AMFE. AMFE Cómo desarrollar un caso práctico (presentación). Anexo 5 Tablas de análisis modal de fallos y efectos.</p> <p><b>ÁRBOL DE FALLOS (Ver Anexo 6)</b> ÁRBOL DE FALLOS Cómo desarrollar un caso práctico (presentación).</p> <p><b><u>CONTENIDO PRÁCTICO RESUELTO: (Ver Anexo 11)</u></b></p> <p><b>AMFE</b> AMFE de producto (revisión), palanca de cambio. AMFE de proceso de fabricación de nuevo modelo de palanca de cambio.</p> <p><b>ÁRBOL DE FALLOS</b> ÁRBOL DE FALLOS aplicación Línea de embotellado de frascos de alcohol.</p>	<p><b><u>CONTENIDO PRÁCTICO PROPUESTO: (Ver Anexo 12)</u></b></p> <p><b>AMFE</b> AMFE Revisión de diseño producto faro de automóvil.</p> <p><b>ÁRBOL DE FALLOS</b> ARBOL DE FALLOS Planta de almacenamiento de líquidos inflamables.</p>

**Tabla 4.2.3 Calidad en diseño y planificación de procesos.**

### 3. 7 HERRAMIENTAS BÁSICAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL

CONOCER	SABER HACER
<p><b><u>MATERIAL DISPONIBLE PARA LA REALIZACIÓN DE CASOS PRÁCTICOS:</u></b> <i>(Ver Anexo 7)</i></p> <p>7 HERRAMIENTAS CALIDAD TOTAL Cómo desarrollar un caso práctico (presentación teórica).</p> <p>Plantillas Gráficos de Control:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gráfico IMR</li> <li>• Gráfico P</li> <li>• Gráfico XR</li> <li>• Gráfico XS</li> </ul> <p><b><u>CONTENIDO PRÁCTICO RESUELTO:</u></b> <i>(Ver Anexo 11)</i></p> <p>7 HERRAMIENTAS CALIDAD TOTAL Aplicación al proceso de fabricación de una planta que suministra sacos de cereal.</p>	<p><b><u>CONTENIDO PRÁCTICO PROPUESTO:</u></b> <i>(Ver Anexo 12)</i></p> <p>Caso práctico G.Control Caso práctico Histograma Caso práctico D.Pareto</p>

**Tabla 4.2.3 7 Herramientas básicas de la calidad industrial.**

#### 4. MEJORA CONTINUA, GESTIÓN DE LA CALIDAD.

CONOCER	SABER HACER
<p><b><u>MATERIAL DISPONIBLE PARA LA REALIZACIÓN DE CASOS PRÁCTICOS:</u></b></p> <p><b>LAS 5 S (Ver Anexo 8)</b> Las 5S Cómo desarrollar un caso práctico (presentación y teoría).</p> <p><b>KANBAN (Ver Anexo 9)</b> Cómo emplear el método KANBAN (presentación y teoría).</p> <p><b>POKA YOKE (Ver Anexo 10)</b> Cómo emplear el método POKA YOKE (presentación y teoría).</p> <p><b><u>CONTENIDO PRÁCTICO RESUELTO: (Ver Anexo 11)</u></b></p> <p><b>LAS 5 S</b> Aplicación de la herramienta en los talleres del departamento de mantenimiento de una factoría.</p> <p><b>KANBAN</b> Aplicación del método al sistema de producción de una línea de fabricación de piezas.</p> <p><b>POKA YOKE</b> Ejemplo de aplicación teórico-práctico. Aplicación de la herramienta al proceso de galvanoplastia de soportes. Aplicación del método en una línea de producción de armado de componentes.</p>	<p><b><u>CONTENIDO PRÁCTICO PROPUESTO: (Ver Anexo 11)</u></b></p> <p><b>LAS 5 S</b> Caso práctico de aplicación a los talleres de fabricación de la EINA.</p> <p><b>KANBAN</b> Caso práctico aplicación línea de montaje de neumáticos en planta de automóviles.</p> <p><b>POKA YOKE</b> Caso práctico aplicación metodología en planta alimenticia</p> <p>Caso práctico aplicación en una línea de embalado.</p>

*Tabla 4.2.4 Bloque mejora continua, gestión de la calidad.*

### 4.3 El rol docente en el entorno virtual.

En el modelo de enseñanza-aprendizaje basado en el aprendizaje del alumno, el papel fundamental del profesor no es otro que facilitar el aprendizaje, es decir llevar a cabo un diseño de todas aquellas situaciones que forman y orientan al alumno de cara a la realización de las actividades relacionadas con ellas, de manera que puedan alcanzar los objetivos previstos.

Superando por lo tanto el modelo de aprendizaje tradicional de transmitir información, este pasa a crear oportunidades de aprendizaje en un entorno virtual.

El papel docente es aquel que se encarga de la selección y organización de todos aquellos contenidos, como los mostrados en el anterior punto del capítulo, de enunciar los objetivos de aprendizaje y definir todas aquellas actividades virtuales que se propondrán a los alumnos, seleccionar aquellas herramientas del entorno virtual que se emplearán así como de crear los materiales digitales que serán empleados como recursos didácticos, fijando los tiempos de trabajo y estableciendo aquellas estrategias de evaluación necesarias.

Se deberá darle especial atención a determinados aspectos como:

- Promover el proceso de participación, colaboración e interacción, de forma que los alumnos puedan apropiarse del conocimiento de una manera activa e interactiva,
- Ejercer un proceso tutelado constante en el periodo de aprendizaje, es decir actuar como guía docente o facilitar la docencia orientando al alumno a la ejecución de las tareas previstas.
- Actuar como moderador y animador de una comunicación intragrupal, planificando todas aquellas instancias docentes, gestando un clima positivo en el grupo que estimule la participación e interacción comunicativa y estableciendo para todo ello una serie de normas que regulen formalmente el intercambio (extensión, estilo y tono de los mensajes), etc.

Aparte de todos los aspectos anteriormente mencionados y relacionados con cuestiones didácticas, dentro del rol docente también el profesor debe actuar como asesor del soporte técnico respondiendo a aquellas consultas o dudas planteadas por los alumnos sobre el funcionamiento del soporte técnico del entorno virtual empleado.

En los siguientes apartados del presente capítulo 4 de la memoria, se detalla más complejamente la dinámica establecida para el desarrollo del curso:

#### **4.3.1 Organización de la asignatura y publicación de material docente.**

En el anterior capítulo se han especificado los contenidos de la asignatura en lo referente al material teórico y práctico disponible para cada uno de los 4 módulos. En cuanto a la organización llevada a cabo para cada uno de los módulos en el entorno virtual, ha sido la siguiente:







Tanto la organización como la publicación del material docente se ha establecido por semanas, cada semana el profesor es el encargado de publicar en Moodle todo lo necesario y disponible para la comprensión de los contenidos del módulo.

Como se puede ver en las figuras 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3 y 4.3.4, en cada uno de los diferentes bloques habilitados para las diferentes partes del temario de la asignatura el alumno tiene disponible una serie de directorios o accesos directos, en los que puede encontrar todo el material y contenidos docentes necesarios (apuntes teóricos, casos prácticos resueltos,...), los cuales están especificados en las tablas anteriores (4.2.1, 4.2.2, 4.2.3 y 4.2.4).

TEMA 1

**Semana 1 PLANIFICACIÓN DE LA CALIDAD**

Se habilita el primer módulo, con todos los contenidos necesarios para la entrega del caso práctico final.

-  Teoría ☐
- Material teórico en PDF correspondiente a la primera parte programada en el temario junto a la presentación de como realizar un caso práctico de QFD.
-  Caso práctico resuelto QFD ☐
-  Vídeo-presentación QFD ☐
- A lo largo del curso se irán colgando vídeo-presentaciones de todos los contenidos teóricos aplicables a la realización de casos prácticos en el canal de YouTube de la asignatura.
-  Caso práctico propuesto QFD ☐
- Caso práctico propuesto, enunciado y plantilla matriz QFD para su realización.
-  Foro QFD Realización caso práctico ☐
-  Entrega caso práctico propuesto. ☒








Se habilita el siguiente módulo para entregar el caso práctico propuesto del lanzamiento al mercado de un nuevo teléfono móvil. PERIODO LIMITADO para efectuar la entrega.

**Figura 4.3.1 Vista preliminar del módulo 1 de la asignatura en Moodle 2.3.**

TEMA 2

**Semana 2 CALIDAD EN DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PROCESOS**

Contenido del segundo módulo, el cual se divide en dos bloques. El primer bloque relacionado con la herramienta AMFE (Análisis de modo de fallos y efectos) y el segundo correspondiente a la herramienta Árbol de Fallos.




-  Teoría módulo 2 3.6MB ☐
- 2.1 Análisis modal de fallos y efectos.**
-  Cómo desarrollar un AMFE (Anexo y plantilla). ☐
-  Caso práctico resuelto AMFE ☐
-  Caso práctico propuesto AMFE ☐
- 2.2 Árbol de fallos**
-  Cómo desarrollar un Árbol de fallos. 750.8KB ☐
-  Caso práctico resuelto Árbol de fallos 756.2KB ☐
-  Caso práctico propuesto Árbol de fallos 514.9KB ☐

**Figura 4.3.2 Vista preliminar del módulo 1 de la asignatura en Moodle 2.3.**

TEMA 3

**Semana 3 LAS 7 HERRAMIENTAS BÁSICAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL**

Tercer módulo, sus contenidos están basados en la explicación y uso de las 7 herramientas básicas de la calidad y el desarrollo de casos prácticos.

-  Cómo desarrollar un caso práctico con las 7H 833.1KB ☐
-  Caso práctico resuelto 7H 524.3KB ☐
-  Plantillas Gráficos de Control ☐

Se habilitan las plantillas correspondientes a los diferentes gráficos de control que pueden emplearse como herramienta para el control de la calidad.

-  Casos propuestos 7H ☐




**Figura 4.3.3 Vista preliminar del módulo 3 de la asignatura en Moodle 2.3.**

TEMA 4




**Semana 4 MEJORA CONTINUA (Gestión de calidad)**

Este último módulo, explica los fundamentos y el uso de 3 herramientas básicas para la gestión de la calidad dentro del proceso de mejora continua.




**4.1 Las 5S**

-  Cómo desarrollar un caso práctico con las 5S 690.2KB ☐
-  Caso práctico resuelto 5S 599KB ☐
-  Caso práctico propuesto 5S 449.6KB ☐

**4.2 Kanban**

-  Cómo emplear el método KANBAN 690.8KB ☐
-  Caso práctico resuelto KANBAN 493.5KB ☐
-  Caso práctico propuesto KANBAN 449.8KB ☐

**4.3 Poka Yoke**

-  Cómo emplear el método Poka Yoke 619.5KB ☐
-  Casos prácticos resueltos Poka Yoke ☐
-  Casos prácticos propuestos Poka Yoke ☐

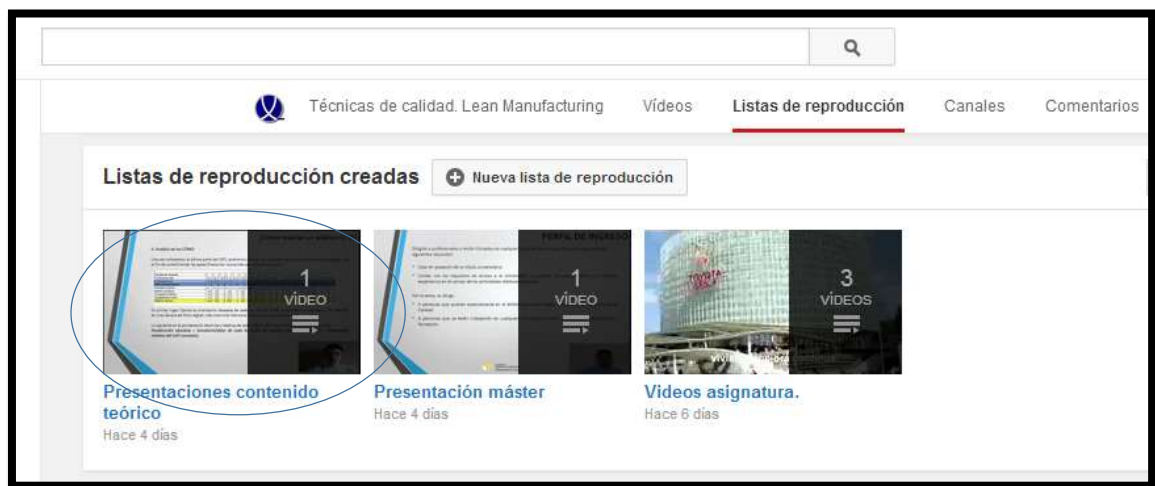
**Figura 4.3.4 Vista preliminar del módulo 4 de la asignatura en Moodle 2.3.**

#### 4.3.2 Actividades.

En lo referente a la realización de actividades, cada uno de los diferentes módulos incluye al menos un caso práctico resuelto para cada uno de los contenidos con aplicación práctica que hay programados dentro de la asignatura. En todos los temas la metodología docente está estructurada de la siguiente manera:

**1º Cómo desarrollar un caso práctico.** (Presentación *Power Point* o Video presentación con *Power Point*) Con el fin de mejorar la actividad docente, se ha creído conveniente realizar video-presentaciones de cada uno de los contenidos referentes al desarrollo de casos prácticos, disponibles mediante acceso directo en el escritorio de interfaz que nos ofrece Moodle 2.3 o bien accediendo desde el canal de *YouTube* de la asignatura a su lista de reproducción “*Presentaciones contenido teórico*”. (Ver Figura 4.3.5)

**2º Caso práctico resuelto**, aplicando la metodología descrita paso a paso en la presentación adjunta de cada tema “*Como desarrollar un caso práctico...*” (Ver Anexo 11)



**Figura 4.3.5 Vista preliminar de las listas de reproducción del canal de YouTube de la asignatura.**

**3º Caso/s práctico/s propuesto/s**, constituye la parte fundamental en la que el estudiante aplica los conocimientos adquiridos para la resolución del supuesto práctico y permite que tenga una experiencia práctica en la aplicación de los conceptos aprendidos teóricamente. En este se adjuntan aquellas plantillas o elementos, siempre



y cuando son necesarios para la resolución y posterior presentación de la tarea. (*Ver Anexo 12 y capítulo 4.3.3*)

El planteamiento y resolución de casos prácticos, es una situación hipotética, que nos representa los conceptos vistos en aula virtual con el fin de que los estudiantes refuercen los conocimientos teóricos.

En base a estos supuestos prácticos se pretende que el estudiante analice la situación, la traduzca en lo que se vive en el día a día en su trabajo o vivirá en un futuro próximo, saque conclusiones de cómo podría aplicar cada uno de estos conceptos y vea cómo las diferentes herramientas de la calidad se relacionan entre sí aportando cada una de estas a la aplicación de las otras.

Para llevar a cabo dicho proceso se diseñaron ocho casos prácticos resueltos (ver Anexo 10 y capítulo 4.3.3) y diez casos prácticos propuestos (ver Anexo 11 y capítulo 4.3.). La realización de los casos prácticos permitirá que el estudiante interactúe con sus demás compañeros a la vez que se familiariza con el entorno virtual, para conseguir buenos resultados y en alguno de los casos propuestos mostrar cómo el trabajo en equipo es un factor importante en la implementación de las técnicas de Lean.

Adicionalmente, se hace posible mostrar el contraste entre la situación antes de aplicar las técnicas y después de aplicarlas, poniéndose de manifiesto la eliminación de desperdicios, mano de obra, material e inventario. Esto último es importante ya que teóricamente es difícil mostrar el impacto de la aplicación de estas técnicas en los resultados.

#### **4.3.3 Ejemplo práctico metodología bloque 1: Planificación y Gestión de la producción.**

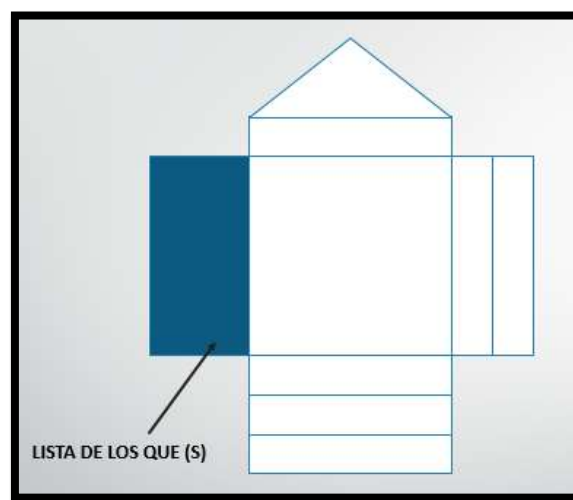
En este capítulo se presenta un ejemplo de la metodología docente llevada a cabo con el contenido práctico del bloque 1:

## **Desarrollo de un caso práctico: QFD Despliegue funcional de la calidad. Etapas del proceso y explicación.**

### **¿Cómo realizar un análisis QFD?**

#### **1. Lis de los QUE**

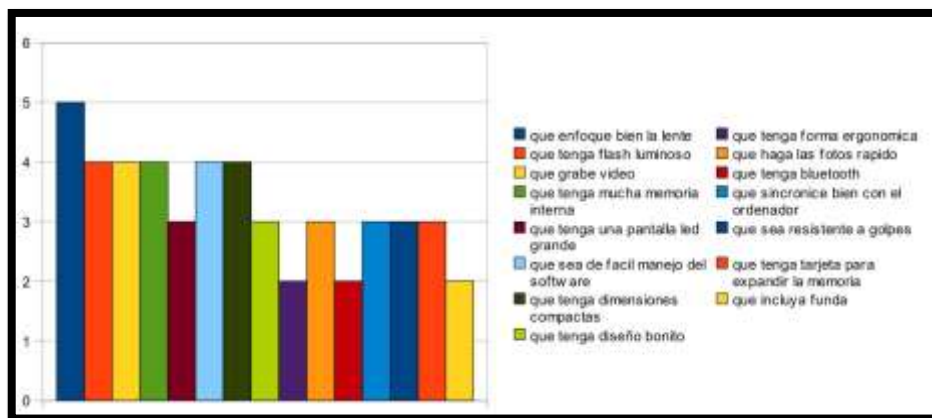
En esta lista recogeremos todos aquellos aspectos que el consumidor espera del producto. Cuántos más aspectos recojamos en esta primera etapa mejor, posteriormente haremos un descarte de aquellos QUÉ que tengan menor relevancia.



**Figura 4.3.6 Esquema QFD.**

#### **2. Análisis de los QUÉ (S)**

Recogidos todos aquellos aspectos fundamentales haremos una clasificación de los QUÉ según su importancia, para ello se puede realizar una encuesta a los usuarios potenciales donde se clasifique la importancia de cada uno de los aspectos entre unos valores de 1 a 5 (1 -> no es importante, 5 -> muy importante).



**Tabla 4.3.3 con los resultados de la encuesta correspondiente al ejemplo de la cámara fotográfica.**

Colocaremos estas ponderaciones en una columna de Excel (columna 1, importancia para el usuario) y posteriormente serán usadas.

Importancia para el usuario	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7	Columna 8	Columna 9	Columna 10
1	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...	...	...	...

**Figura 4.3.7 Pantallazo caso práctico resuelto cámara fotográfica.**

La siguientes columnas a rellenar son las de cuál es la situación actual de nuestro producto respecto a cada QUÉ (columna 3) y de la competencia (columnas 4 y 5), rellenándolas con valores entre 1 y 5 para cada uno de los QUÉ, siendo 1=muy mala situación y 5=muy buena.

Hecho esto y basándonos en la importancia de cada uno de los QUÉ, fijaremos un objetivo que podrá alcanzar unos valores entre 1 y 5, el cual colocamos en la siguiente columna (6). Ahora toca calcular el ratio de mejora (columna 8) dividiendo la situación actual de cada QUÉ con su objetivo (columna 8 = columna 7 / columna 3).

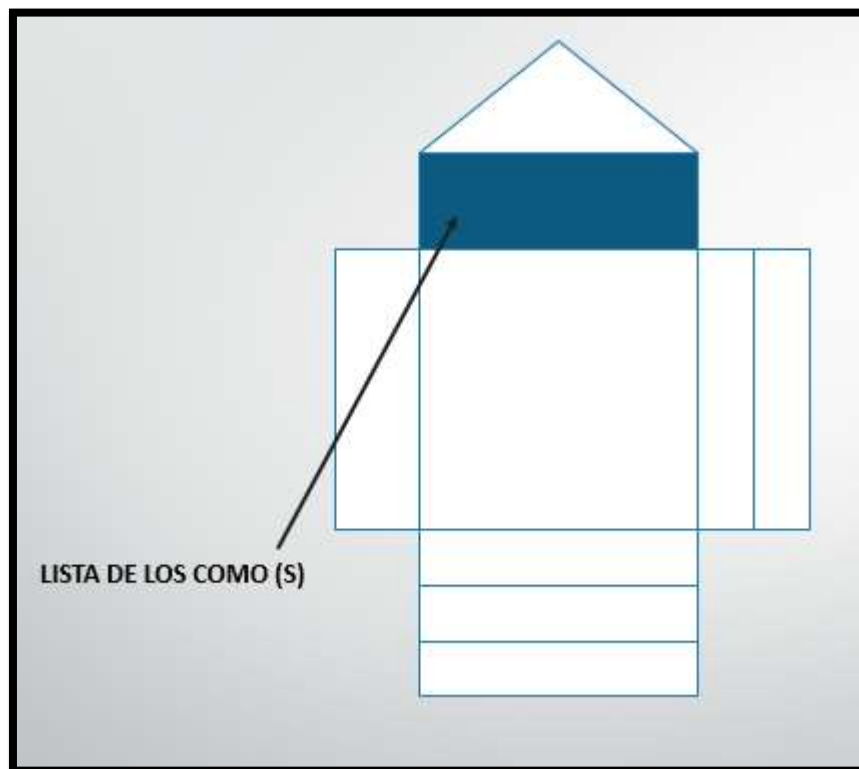
Continuamos con la siguiente columna “argumento de venta” (columna 9). Aquí, pondremos un valor entre 1 y 1,5 si el QUÉ mencionado no es buen argumento de venta, (1=mal argumento, 1,5=buen argumento). Así incluiremos en el diseño no solo las preferencias del cliente (que están en la columna 1) sino también la nuestra como compañía.

Después calculamos la ponderación absoluta en la siguiente columna multiplicando la importancia (columna 1), el ratio de mejora (columna 8) y el argumento de venta (columna 9). Podemos también sacar la ponderación relativa en porcentaje como la ponderación absoluta de cada QUÉ dividido entre la suma de todas las ponderaciones absolutas.

Una vez realizado todo lo anterior ya tenemos cuáles son los aspectos más importantes a mejorar. Atendiendo las ponderaciones podremos clasificar los QUÉ en función de su prioridad e implantar sólo los que más ponderación tengan, los demás serán descartados ya que no serán tan influyentes.

### 3. Lista de los CÓMO (S)

Estudiado lo que debe tener nuestro producto, ahora tenemos que definir los requisitos técnicos necesarios para que se cumplan las necesidades o exigencias, por lo tanto en la lista de los CÓMO enumeramos qué características debe tener el producto. Debemos de incluir al lado de cada característica su escala de medición.



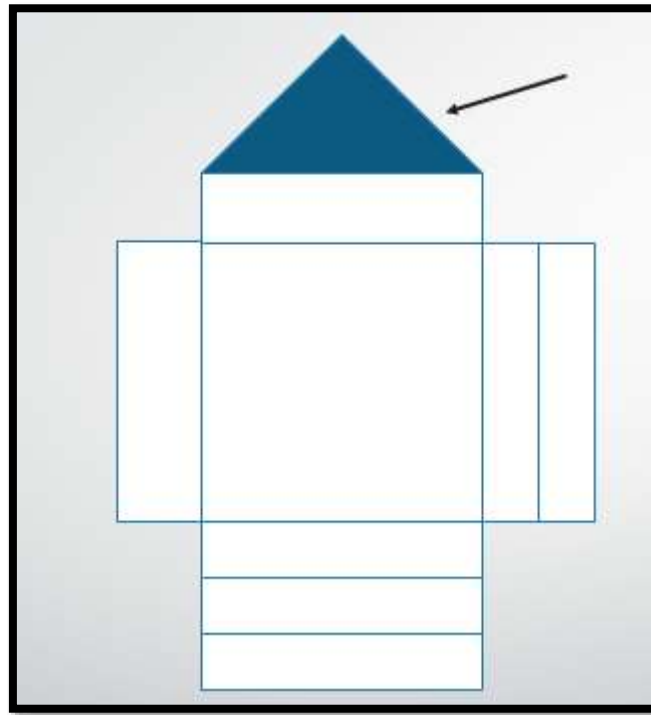
*Figura 4.3.8 Esquema QFD.*

### 4. Relación entre los CÓMO(S)

Esta relación es el famoso triángulo (o tejado) que hay encima del QFD, de ahí el nombre del método, la Casa de la Calidad.

En dicha matriz triangular ponemos las posibles interacciones entre los CÓMO, si es que existen, sean positivas o negativas (por ejemplo, tener mucho flash repercute

negativamente en la batería). Esta parte del QFD es opcional y no se suele poner a no ser que las interacciones sean muy fuertes.



**Figura 4.3.9 Esquema QFD.**

## 5. Relación entre QUÉ y CÓMO

Esta matriz está en el centro del QFD y nos sirve para relacionar los QUÉ demandados por el usuario con los CÓMO. De esta manera traduciremos los aspectos de la lista de los QUÉ en características medibles de la lista de los CÓMO.

Para ello clasificamos entre 1 y 9 la relación entre cada QUÉ y cada CÓMO. Por ejemplo, “que tenga batería duradera” y “capacidad batería (mAh)” tienen una relación de 9 porque están muy ligados, pero tiene una relación de 1 con “nitidez (1...10)” porque no tienen relación.

Llegados a este punto es de vital relevancia verificar que todos los QUÉ más importantes están conectados con uno o varios CÓMO, de lo contrario habría aspectos que no estaríamos contemplando.

Completado todo lo anterior, el aspecto del Despliegue de la función calidad hasta el momento es el siguiente:

Figura 4.3.10 Aspecto matriz QFD.

Habiendo completado:

- **Evaluación competitiva de mercado**
- **Evaluación técnica del producto y el de la competencia**

## 6. Análisis de los COMO(S)

Una vez rellenemos la última parte del QFD, podremos calcular los objetivos técnicos que queremos conseguir con el fin de cumplimentar las especificaciones requeridas por nuestro producto.

Orientación deseada	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Ponderación abs	116,3	106,7	96,9	94,12	192,6	112,8	67,87	50,32	122,9	75,32	109,6	75	79,81	22,44	41,35	40,63	40,63	34,62	58,41
Ponderación rel	7,458	6,842	6,212	6,034	12,35	7,232	4,351	3,226	7,876	4,828	7,027	4,808	5,116	1,438	2,65	2,604	2,604	2,219	3,741
Orden de importancia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Valoración técnica	mAh	fotos d	1 a 10	luxes	si/no	Mixte	Pulgada	ppp	puigada	1 a 10	1 a 10	1 a 10	ppp	si/no	1 a 10	Mpa	Mpa	si/no	si/no
Nuestro producto	1150	650	7	900	0	200	2,7	200	39,3	4	5	6	3,5	0	6	60	2700	2	1
Competencia Nikon	1000	450	10	1100	0	430	2,5	220	46,25	4	6	8	3,8	0	8	40	2600	1	1
Competencia Canon	1050	400	8	1050	1	500	3	200	23,9	8	8	7	4,1	0	6	45	2200	1	1
Objetivo técnico	1150	650	8	1050	1	450	2,7	200	46	6	6	7	4	0	6	50	2600	1	1

Figura 4.3.11 Parte final plantilla QFD completada, caso práctico cámara fotográfica.

En primer lugar fijamos la orientación deseada de cada uno de los CÓMO (más=mejor o más=peor). Por ejemplo, en una cámara de fotos digital, más memoria interna es mejor, pero más peso es peor.

Lo siguiente es la ponderación absoluta y relativa de cada CÓMO. Para cada CÓMO la calcularemos como:

**Ponderación absoluta = Sumatorio (Valor de cada la casilla de relación entre QUÉ y CÓMO \* Ponderación relativa del QUÉ asociado).**

A partir de aquí obtendremos el orden de importancia de cada uno de los aspectos técnicos.

Para finalizar rellenaremos aquellos aspectos técnicos de nuestro producto y los de nuestros competidores, nos marcaremos para ello aquellas características que implementaremos a nuestro producto teniendo en cuenta la relevancia de esa característica en la ponderación y teniendo también en cuenta la situación de los competidores en las distintas características.

Completando por lo tanto la última parte del análisis QFD, la **Evaluación Técnica del producto y de la competencia**. El resultado final es el siguiente:

[illegible]

**Figura 4.3.12 Matriz QFD completa caro práctico resuelto cámara fotográfica.**



## Fases de un QFD aplicado a los procesos de fabricación y a la prestación de un servicio.

### PROCESO DE FABRICACIÓN:

- **Producto:** definir las características técnicas del producto a partir de las expectativas del consumidor.
- **Componentes:** definir las características técnicas de los componentes que forman el producto.
- **Procesos:** definir los procesos de fabricación de cada uno de los componentes.
- **Producción:** definir las operaciones que integran los procesos.

### SERVICIO:

- **Servicio:** definir las características del servicio a partir de las expectativas del consumidor.
- **Componentes:** definir las características técnicas de los distintos agentes integrantes del servicio.
- **Procesos:** definición de los procesos de prestación de servicio.
- **Producción:** definir los procedimientos para la prestación del servicio.

## CONCLUSIONES

Mediante la realización del análisis QFD hemos conseguido:

- Priorizar qué es lo que desean los clientes.
- Saber cuáles son los principales aspectos que necesita nuestro producto y cuáles son los aquellos aspectos en los que no vale la pena invertir tiempo y dinero.
- Realizar una comparación con la competencia y obtener una situación de cómo estamos en el mercado.
- Conocer aquellas características técnicas que cobran mayor relevancia en nuestro producto, y cuáles son superfluas y podemos eliminar.
- Fijar unos objetivos de las características técnicas que debe tener nuestro futuro producto para satisfacer al cliente y superar a los competidores al mínimo coste.



[illegible]

**Figura 4.3.12 Formato plantilla QFD**

## QFD Caso práctico resuelto cámara fotográfica.

Evaluación competitiva del mercado (matriz izquierda) y evaluación técnica del producto y de la competencia (matriz derecha) completadas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	
		capacidad batería (mAh)	cantidad de fotos por carga (fotos/carg)	nitidez (1...10)	luz flash (luxes)	video (0-1)	capacidad interna (MB)	Tamaño pantalla (pulgadas)	Resolucion pantalla (ppp)	volumen (pulgadas3)	facilidad de manejo (1...10)	estetica (1...10)	ergonomia (1...10)	rapidez en hacer fotos (fps)	bluetooth (0-1)	compatibilidad con ordenador (0...10)	Tensión de rotura a tracción (Mpa)	modulo resistente (Mpa)	altura de caída (m)	ranura expansion (0-1)	funda (0-1)	Importancia para el usuario (1 a 5)		nuestro producto OLYMPUS (1 a 5)	competencia Nikon (1 a 5)	competencia Canon (1 a 5)	objetivo (1 a 5) mucho = es importante	ratio de mejora = (7)(3)	argumento de venta (1, '12, '15)		ponderacion absoluta = (1)(7)(8)(9)		pond relativa (%)	orden de importancia
que tenga batería duradera		9	9	1	3	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	5		5	4	4	5	1	12	25	8,012820513	2		
que enfoque bien la lente		0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	5		3	5	4	4	1,3333	15	26,66666667	8,547008547	4		
que tenga flash luminoso		3	3	1	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		3	4	4	4	1,3333	1	21,33333333	6,837606838	7		
que grabe video		0	0	0	0	9	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		1	1	5	4	4	12	64	20,51282051	1		
que tenga mucha memoria interna		1	1	0	0	0	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		2	5	5	4	2	15	32	10,25641026	3		
que tenga una pantalla led grande		3	1	0	0	0	0	9	9	3	3	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3		4	3	5	4	1	15	12	3,846153846	10		
que sea de fácil manejo del software		0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4		3	3	3	3	1	1	12	3,846153846	11		
que tenga dimensiones compactas		0	0	0	0	0	0	3	0	9	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4		4	3	5	4	1	12	16	5,128205128	6		
que tenga diseño bonito		0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3		2	4	4	4	2	12	24	7,692307692	5		
que tenga forma ergonomica		0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	2		2	4	4	4	2	1	16	5,128205128	8		
que haga las fotos rapido		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	3		3	5	5	4	1,3333	1	16	5,128205128	9		
que tenga bluetooth		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	2		1	1	1	1	1	1	2	0,641025641	16		
que sincronice bien con el ordenador		0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	9	0	0	0	0	0	3		3	5	3	3	1	1	9	2,884615385	13		
que sea resistente a golpes		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	9	0	3	3		4	2	2	3	0,75	1	6,75	2,163461538	14		
que tenga tarjeta para expandir la memoria		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	9	0	3		4	5	5	4	1	12	12	3,846153846	12		
que incluya funda		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0	0	0	3	3	3	0	9	2		1	1	5	3	3	1	18	5,769230769	15		

Figura 4.3.13 Matriz de la QFD (Casa de la calidad / Despliegue funcional de la calidad) que relaciona QUE(S) y COMO(S).

### QFD Caso práctico resuelto cámara fotográfica.

Evaluación técnica del producto y de la competencia completada.

9	X																					
0	Orientacion deseada	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
1	Ponderación abs	116,3	106,7	96,9	94,12	192,6	112,8	67,87	50,32	122,9	75,32	109,6	75	79,81	22,44	41,35	40,63	40,63	40,63	34,62	58,41	
2	Ponderación rel	7,458	6,842	6,212	6,034	12,35	7,232	4,351	3,226	7,876	4,828	7,027	4,808	5,116	1,438	2,65	2,604	2,604	2,604	2,219	3,744	
3	Orden de importancia	1	2	8	5	3	7	10	13	4	11	6	12	9	16	14	17	18	19	15	20	
4	Valoracion tecnica	mAh	fotos p	1 a 10	luxes	si/no	Mbytes	Pulgad	ppp	pulgad	1 a 10	1 a 10	1 a 10	fps	si/no	1 a 10	Mpa	Mpa	m	si/no	si/no	
5	Nuestro producto	1150	650	7	900	0	200	2,7	200	39,3	4	5	6	3,5	0	6	60	2700	2	1	0	
6	Competencia Nikon	1000	450	10	1100	0	450	2,5	220	46,25	4	6	8	3,8	0	8	40	2600	1	1	0	
7	Competencia Canon	1050	400	8	1050	1	500	3	200	23,9	8	8	7	4,1	0	6	45	2200	1	1	1	
8	Objetivo tecnico	1150	650	8	1050	1	450	2,7	200	40	6	6	7	4	0	6	50	2600	1	1	0	
9																						

Figura 4.3.14 Matriz de cálculo de los objetivos técnicos de las especificaciones requeridas por el producto. (Cámara fotográfica)

## QFD Caso práctico propuesto lanzamiento nuevo teléfono móvil.

La empresa IBERUS MOBILE, ante la alta competitividad del sector de la telefonía móvil como consecuencia del lanzamiento de nuevos productos, quiere obtener un nuevo diseño de su terminal de gama alta Iberus ZXP.

Decidiendo para ello realizar un estudio de mercado y averiguar qué necesita y espera el cliente, y utilizar el QFD para trasladar esas necesidades a características del nuevo producto.

### **Material de trabajo (Moodle):**

- *Presentación Power Point → QFD\_ Cómo desarrollar un caso práctico. (ADD)*
- *Caso Práctico resuelto “Cámara fotográfica”*
- *Plantilla QFD para la realización de casos prácticos → Plantilla\_QFD*

### **Trabajo a realizar:**

Una vez determinados los “qués” y los “cómos” se debe de construir la casa de la calidad para poder continuar con el resto de los despliegues del QFD:

- *Evaluación competitiva de mercado*
- *Evaluación técnica del producto y el de la competencia*
- *Matriz de confrontación*

### **NOTA:**

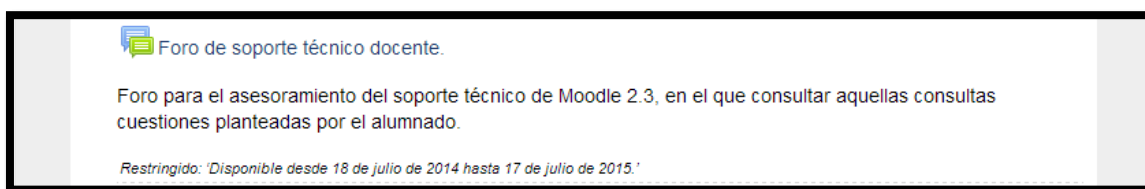
Se recomienda emplear para la resolución del ejercicio una página web comparadora de las diferentes prestaciones que nos ofrecen los distintos terminales de nuestras empresas competidoras.

#### 4.3.4 Facilitar la comunicación entre los miembros implicados en la docencia.

*Moodle 2.3* así como otras *TIC'S* ofrecen cada día mayores herramientas para fomentar la comunicación entre los miembros implicados en la docencia. A continuación se detallan las diferentes herramientas empleadas:

##### ***Foro de soporte técnico docente.***

El *Foro de Soporte Técnico Docente* (ver *Figura 4.3.15*) se habilita durante todo el curso con el objetivo de realizar todo tipo de asesoramiento para el alumnado sobre el soporte técnico de *Moodle 2.3*. Dado el carácter docente no presencial, es de una gran relevancia la disposición para el alumno de un foro en el que poder realizar todo tipo de consultas referentes al servicio técnico del entorno virtual docente.



***Figura 4.3.15 Vista preliminar del acceso directo al Foro de soporte técnico docente.***

##### ***Foro específico para la realización de las tareas prácticas programadas para cada módulo.***

Con el mismo funcionamiento que el *Foro de Soporte Técnico Docente*, se habilita un *Foro Especifico* (durante un periodo de tiempo limitado) para la resolución de aquellas dudas que puedan plantearse durante el periodo de entrega del caso práctico propuesto. (Ver *Figura 4.3.16*)

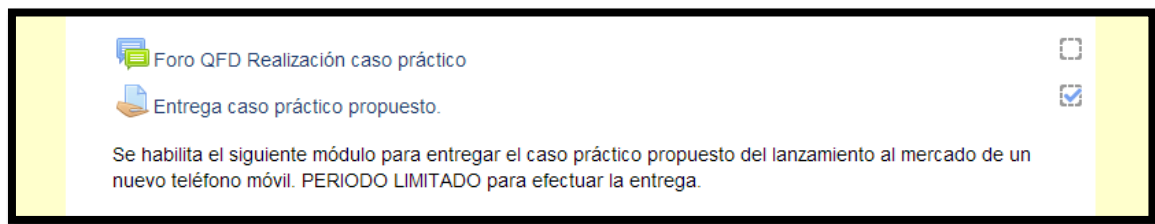
##### ***Módulo Tarea o Entrega.***

El *Módulo Tarea* permite evaluar al profesor el aprendizaje de los alumnos, mediante la realización del caso práctico propuesto. (Ver *Figura 4.3.16*)

En dicho módulo los alumnos podrán presentar cualquier contenido digital (documentos de texto, hojas de cálculo, imágenes, audio, video...) o complemento que requiera la tarea planteada, este tiene disponible también la opción de completar determinados

campos empleando el propio editor de textos que lleva implementado el módulo tarea en Moodle 2.3.

El *Módulo Tarea* también puede ser utilizado para recordar a los estudiantes “tareas del mundo real” que necesitan realizar y que no requieren de la entrega alguna de archivos de contenido digital.



**Figura 4.3.16 Vista preliminar de los accesos directos al Foro específico para la realización del caso práctico y el modulo tarea.**

### Canal YouTube Técnicas de Calidad / Lean Manufacturing

El *Canal de YouTube Técnicas de Calidad / Lean Manufacturing* es una de las herramientas que mayor utilidad puede aportarle tanto a profesor como estudiantes. Se dispone de un acceso directo al canal desde Moodle 2.3. (Ver Figura 4.3.17)



**Figura 4.3.17 Vista preliminar del canal de YouTube desde Moodle, e interfaz del canal YouTube con el usuario.**

En este canal se publicarán:

- **Vídeos relacionados con los contenidos impartidos en la asignatura.**



**Figura 4.3.18 Vista preliminar video Aplicación Lean Manufacturing a la fabricación de un Boeing.**

- **Vídeo-presentaciones de Power Paint.** En canal de adjuntan video-presentaciones realizadas con el programa *Camtasia Studio* (ver Anexo 1), cuyo objetivo es facilitar la comprensión de los contenidos teórico-prácticos.



**Figura 4.3.19 Vista preliminar video-presentación.**

- **Seminarios videoconferencia on-line empleando la herramienta TIC Google Hangouts y sus emisiones en directo** (ver Anexo 2). De la misma forma que se habilitan foros para la consulta de dudas, se complementarán estos con la

realización de 2 seminarios on-line por semana en los que pueden participar un máximo de 8 alumnos que deberán de pedir cita previamente.



**Figura 4.3.20 Google Hangouts en directo es una de las principales herramientas docentes para la formación no presencial.**

Para todos aquellos alumnos que no pueden apuntarse al seminario o debido a la falta de flexibilidad en sus horarios no pueden realizarlo en el periodo fijado, los seminarios quedarán posteriormente colgados en el canal de la asignatura para facilitar la docencia de los alumnos que no hayan estado presentes.

#### **4.3.5 Posibilidad de realizar tareas en grupo.**

Con el objetivo de poder realizar tareas en grupo, se habilita un *Wiki* en el que se puedan ir recopilando documentos (noticias, documentos o enlaces de videos relacionados con el temario impartido en la asignatura) de forma colaborativa. (Ver Figura 4.3.21)

Dado el carácter no presencial de la asignatura, con la implantación del Wiki se persigue buscar e incentivar la participación de todos aquellos alumnos que poseen experiencia profesional y pueden aportar al resto de los alumnos determinados conocimientos adquiridos en relación al material didáctico con el que se trabaja.





**Figura 4.3.21 Vista preliminar del acceso directo en Moodle al Wiki y portada.**

Otros de los usos principales que nos ofrece un Wiki, son los siguientes:

- Elaboración de apuntes de clase colaborativamente.
- Para los profesores de una escuela, planteamiento de una estrategia o reunión de trabajo en equipo.
- Para estudiantes que trabajarán en equipo en un libro en línea, creando contenidos de un tema elegido por sus tutores
- Diario personal para apuntes para examen o resúmenes (wiki personal)

## 5. ESTUDIO ECONÓMICO

En el siguiente capítulo se ha realizado un estudio con el objetivo de ver cuál es la diferencia económica a la hora de realizar el *Master en Metrología Industrial e Ingeniería de la Calidad* a través de su modalidad no presencial y cursarlo en su modalidad presencial, teniendo en cuenta en esta segunda todos aquellos gastos extras de desplazamiento, tasas de matriculación, etc.

### 5.1 Introducción.

Para la realización del estudio se va a suponer la siguiente distribución de alumnos, todos de ellos recién titulados y con el deseo complementar su formación con la realización del máster, en las dos modalidades a analizar, presencial y no presencial:

#### Modalidad presencial:

Para la realización del máster en la modalidad presencial se supondrán un total de 10 alumnos, los cuales se distribuyen de la siguiente forma:

- **7 alumnos con residencia en Zaragoza**
- **3 alumnos con residencia fuera de Zaragoza**

#### Modalidad no presencial:

En el caso de la modalidad no presencial, se supondrán un total de 20 alumnos repartidos por los distintos puntos de la geografía española y de cualquier parte del mundo.

A la hora de tener en cuenta los gastos generales de un estudiante, se han contemplado las diferentes situaciones que hacen que todos ellos varíen más o menos, es decir, por ejemplo los estudiantes que residen en Zaragoza y en su propio hogar no tienen que pagar los gastos comunes diarios de vivienda y alojamiento que sí deben costear aquellos que tienen su residencia natural fuera la ciudad de Zaragoza, ya sea en otras provincias de la comunidad o comunidades autónomas.

En las siguientes tablas (*Tabla 5.1 y Tabla 5.2*) se adjuntan todos los gastos generales que podemos plantearnos en función de las situaciones a analizar y de la modalidad que se esté cursando, sea presencial o no:

<b>GASTOS</b>	
<b>MATRICULA</b>	Gastos que el estudiante debe pagar para asistir a clases y trabajar hacia la obtención de un título o diploma en una universidad.
<b>ALQUILER Y VIVIENDA</b>	Los estudiantes universitarios que viven en campus residenciales o en una vivienda compartida deben incluir los siguientes gastos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ALQUILER</b></li> <li>• <b>SERVICIOS PÚBLICOS</b></li> </ul>
<b>COMESTIBLES Y CONSUMIBLES</b>	Si el estudiante vive en el campus o en una vivienda cercana, éste es responsable de comprar sus propios alimentos, al igual que otro tipo de elementos consumibles para el hogar.
<b>TRANSPORTE</b>	Se deberán de incluir los gastos de transporte, supondremos en general que el estudiante emplea el tranvía. Al uso de este, en determinados casos tendremos que añadirle el de tren o autobús y en el caso de estudiantes extranjeros el de avión.

**Tabla 5.1 Gastos generales estudio máster modalidad presencial.**

<b>GASTOS</b>	
<b>MATRICULA</b>	Gastos que el estudiante debe pagar para asistir a clases y trabajar hacia la obtención de un título o diploma en una universidad. Los pagos de matrícula son de uso frecuente por la universidad para pagar a los maestros, fondos para los equipos de laboratorio, mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en general, mejorar la biblioteca del campus y los fondos para los asistentes de enseñanza.

**Tabla 5.2 Gastos generales estudio máster modalidad no presencial.**

Como ya hemos dicho, en líneas generales hemos recogido en las tablas anteriores todos aquellos gastos que pueden plantearse a la hora de cursar los estudios. Hemos obviado los gastos de entretenimiento, y para la realización de los cálculos de los apartados siguientes también se prescindirá de ellos.

En los siguientes apartados se especificaran los gastos anteriores en función de la modalidad cursada (presencial o no presencial) y de los lugares de origen de residencia de los supuestos planteados.

## 5.2 Estudio económico alumnos residentes en Zaragoza.

A continuación se desglosara mediante dos tablas (*Tabla 5.2.1 y Tabla 5.2.2*) los gastos de un estudiante del Máster en Metrología Industrial e Ingeniería de la Calidad.

<b>GASTOS – MODALIDAD PRESENCIAL</b>	
<b>Estudiante residente en Zaragoza</b>	
<b>MATRICULA</b>	
Gastos de matriculación .....	<b><u>3.000 €/año</u></b>
<b>TRANSPORTE</b>	
Gastos de transporte (para los cuales supondremos una media de 12 viajes de lunes a viernes).	
[12 viajes/semana] x [4 semanas/mes] = <b><u>48 viajes/mes</u></b>	
Suponiendo como periodo lectivo del master los meses de: Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo y Junio.	
[48 viajes/mes] x [8 meses/año] = <b><u>384 viajes/año</u></b>	
[384 viajes/año] x [0,74 €/ viaje] Suponiendo uso tarjeta ciudadana .....	<b><u>285 €/ año</u></b>

*Tabla 5.2.1 Gastos – Modalidad presencial. Estudiante residente en Zaragoza.*

➤ Modalidad presencial – Estudiante residente en Zaragoza ..... **3.285 € año**

<b>GASTOS – MODALIDAD NO PRESENCIAL</b>	
<b>Estudiante residente en Zaragoza</b>	
<b>MATRICULA</b>	
Gastos de matriculación .....	<b><u>3.000 €/año</u></b>

*Tabla 5.2.2 Gastos – Modalidad no presencial. Estudiante residente en Zaragoza.*

➤ Modalidad no presencial – Estudiante residente en Zaragoza ..... **3.000 € año**

### 5.3 Estudio económico alumnos residentes fuera de la provincia de Zaragoza y en otras comunidades autónomas.

En este apartado se especifican los gastos que suponen tanto la formación presencial (Ver Tabla 5.3.1), como la no presencial para un estudiante que resida fuera de Zaragoza, en cualquier provincia de Aragón o del resto de España.

<b>GASTOS – MODALIDAD PRESENCIAL</b>	
<b>Estudiante no residente en Zaragoza</b>	
<b>MATRICULA</b>	
Gastos de matriculación .....	<b><u>3.000 €/año</u></b>
<b>TRANSPORTE</b>	
Gastos de transporte en Zaragoza (para los cuales supondremos una media de 12 viajes de lunes a viernes).	
[12 viajes/semana] x [4 semanas/mes] = <b><u>48 viajes/mes</u></b>	
Suponiendo como periodo lectivo del master los meses de: Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo y Junio.	
[48 viajes/mes] x [8 meses/año] = <b><u>384 viajes/año</u></b>	
[384 viajes/año] x [0,74 €/ viaje] Suponiendo uso tarjeta ciudadana .....	<b><u>285 €/ año</u></b>
Gastos de transporte a su lugar de residencia (Para realizar un cálculo medio, supondremos que el estudiante se desplaza desde Madrid a Zaragoza para realizar el viaje, empleando como medio de transporte el autobús. También supondremos que seleccionamos los billetes de ida y vuelta)	
[4 viajes/mes] x [15 €/viaje] = <b><u>60 €/mes</u></b>	
[60 €/mes] x [8 meses/año] = .....	<b><u>480 €/año</u></b>
<b>ALQUILER Y VIVIENDA</b>	
Gastos de alquiler de una vivienda compartida por varios estudiantes. (Suponiendo como periodo lectivo del master los meses de: Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo y Junio)	
[280 €/mes] x [8 meses/año] = .....	<b><u>2.240 €/año</u></b>
Gastos de servicios. (luz y agua)	
[15 €/mes] x [8 meses/año] = .....	<b><u>120 €/año</u></b>
<b>COMESTIBLES Y CONSUMIBLES</b>	
Gastos de alimentación así como de elementos indispensables para el hogar.	
[120 €/mes] x [8 meses/año] = .....	<b><u>960 €/ año</u></b>

*Tabla 5.3.1 Gastos – Modalidad presencial. Estudiante no residente en Zaragoza. (España)*

- **Modalidad presencial – Estudiante no residente en Zaragoza (España) .....**  
..... **7.085 € año**

En el caso de la **Modalidad no presencial para un estudiante de fuera de Zaragoza (España)** el gasto es:

**Modalidad no presencial – Estudiante no residente en Zaragoza (España) .....**  
**3.000 € año**

#### **5.4 Estudio económico alumnos residentes fuera de España.**

En este último supuesto, únicamente se ha considerado la opción de cursar el máster en modalidad no presencial desde cualquier parte del mundo.

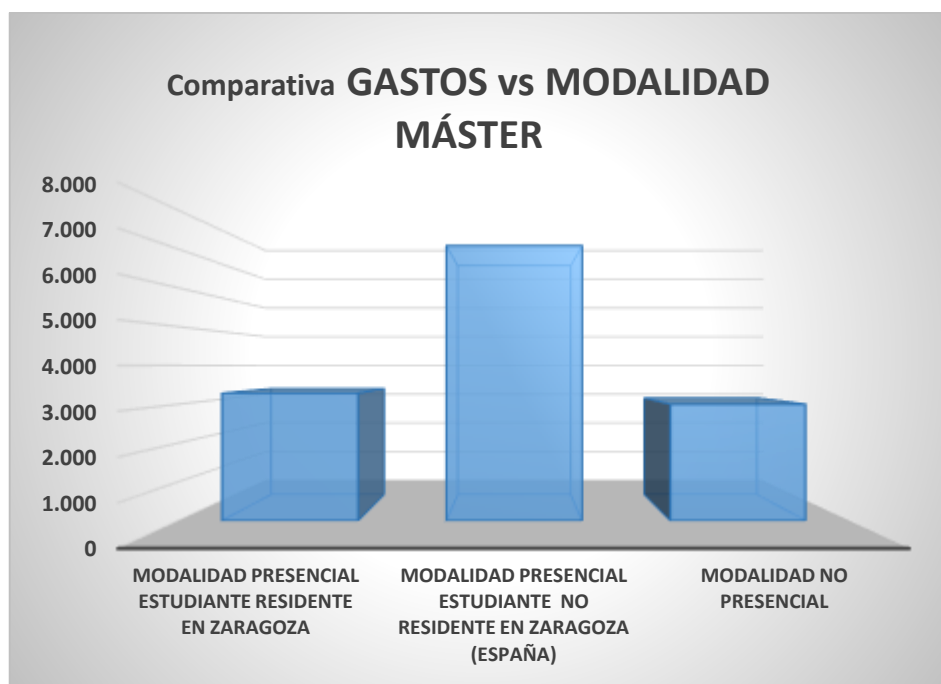
- **Modalidad no presencial – Estudiante residente en Zaragoza (Internacional)**  
..... **3.200 € año**

#### **5.5 Conclusiones.**

En este último apartado del capítulo con la ayuda de los siguientes gráficos y teniendo en cuenta una serie de gastos fijos que asciende en cualquiera de las modalidades de cursar el máster a **3.000 €** se han elaborado unas conclusiones finales.

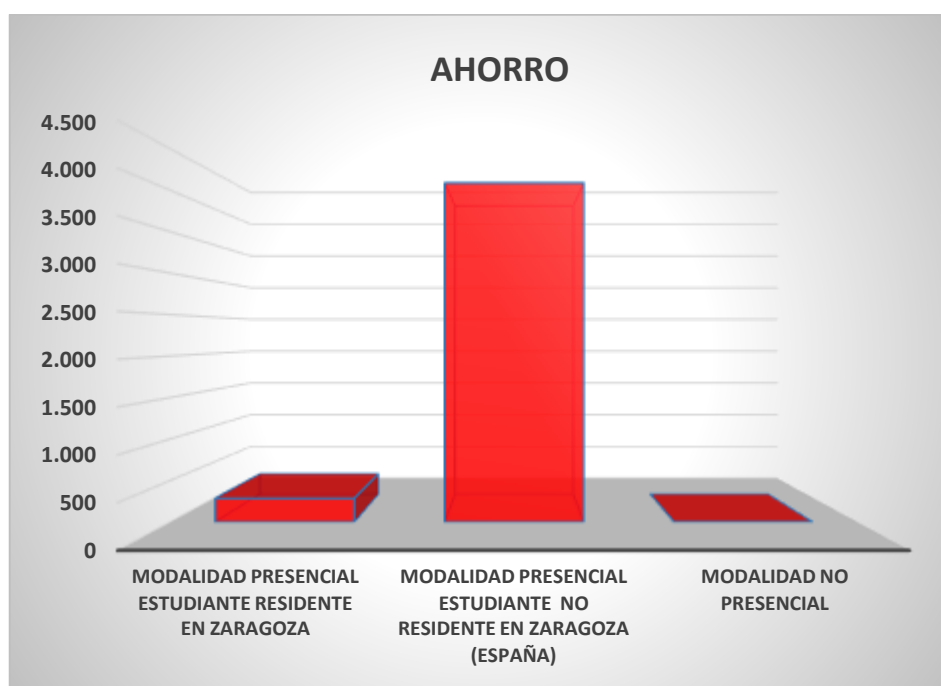
Como podemos observar en la *Gráfico 5.5.1* las dos situaciones en las cuales el gasto anual asciende a los niveles más elevados se corresponden con el siguiente caso:

- **Modalidad presencial – Estudiante no residente en Zaragoza (España) .....**  
**7.285 €**



**Tabla 5.5.1 comparación de costes en función de la modalidad de cursar el máster.**

A continuación se representará el ahorro económico que lleva consigo la realización del máster mediante un modo on-line no presencial.



**Tabla 5.5.2 comparación del ahorro en función de la modalidad de cursar el máster**

Aquella modalidad en la que mayor es el ahorro, lógicamente, corresponde a la situación de realizar estudios no presenciales en la que no se es residente de la ciudad de Zaragoza. Así pues, una persona que pasa de realizar el master en la propia universidad de Zaragoza a realizarlo en su propio lugar de residencia ve traducida la disminución de sus gastos en la siguiente cantidad:

**Estudiante residente fuera de Zaragoza (España), ahorra ..... 4.085 €**

Por lo tanto si realizamos los cálculos para el supuesto inicial de **Modalidad Presencial**: 7 alumnos residentes en la ciudad de Zaragoza, 3 alumnos procedentes de provincias del resto de España el ahorro económico general debido a cursar la modalidad no presencial del master sería el siguiente:

**AHORRO  $\rightarrow (7 \times 285 \text{ €}) + (3 \times 4.085 \text{ €}) = \dots\dots\dots \underline{14.250 \text{ €}}$**

Para concluir este apartado, debemos de destacar la importancia que lleva consigo la nueva oferta de realización del master en su modalidad on-line no presencial. Esta supone un ahorro económico importante de una cantidad de **4.085 €** para todas aquellas personas que no residen en Zaragoza y quieren realizar el máster.

Por otra parte esta oferta docente flexibiliza mucho más su modalidad de estudio posibilitando la inscripción de alumnos de cualquier país del mundo o de aquellas personas tituladas y con experiencia laboral de otros países que quieran cursar el máster, lo cual asciende únicamente a la tasa de matriculación del máster.



## 6. RESULTADOS

En relación a los anteriores capítulos y a la realización del presente proyecto se espera, tras una futura implantación de este formato docente en un entorno virtual, que el alumno sea capaz de relacionar el material didáctico disponible en el entorno virtual de trabajo de acuerdo a los siguientes conceptos:

- Realizar la presentación de información concreta (hechos y datos) con los conceptos abstractos (principios y teorías).
- Presentación de material que enfatiza los métodos prácticos para resolver problemas y material que recoge los principios fundamentales.
- Empleo de dibujos, diagramas, gráficos y esquemas en todas las presentaciones de material. Es muy importante solicitar a los estudiantes que desarrollen sus propios diagramas para poder explicar posteriormente el material visto.
- Planteamiento y realización de actividades como trabajo en parejas y en grupos, discusiones prácticas, resolución de problemas, ejercicios dinámicos, proyectos dentro y fuera de clase, exposiciones orales (vía Google Hangouts) y elaboración de documentos escritos para apoyar el aprendizaje y experimentación de las habilidades que se pretende fortalecer en cada curso.

### 6.1 Objetivos terminales.

Al finalizar el curso, se espera que el estudiante pueda, dada una situación real o hipotética, encontrar todos aquellos puntos clave en relación a la problemática presentada basándose en los principios generales de la *Ingeniería de la Calidad y las técnicas del Lean Manufacturing*. Por ello se espera que puedan cumplirse una amplia mayoría de los siguientes objetivos específicos:

- a) Al finalizar la asignatura, el estudiante podrá explicar la filosofía general de la *Ingeniería de la Calidad y las técnicas Lean*, pudiendo identificar algunos de los principales conceptos de flexibilidad en los procesos productivos. Del mismo modo podrá aplicar dicha filosofía en diferentes escenarios.

- b) Tras la finalización del programa, el estudiante podrá explicar las diferentes técnicas y expresar su utilidad en las diferentes situaciones, planificando la aplicación de estas en situaciones reales e hipotéticas.
- c) El alumno será capaz de describir los fundamentos y diferentes elementos que componen las principales *técnicas Lean* de las diversas herramientas de la calidad explicadas y analizadas, así como de poder interpretar los resultados de cualquiera de las herramientas desarrolladas.
- d) A la vista de un escenario real o hipotético, el estudiante podrá analizar y formular una serie de comportamientos sistemáticos referentes a los procesos de aprendizaje superados y tomar decisiones en función de los resultados de las variables internas o externas de desempeño dentro de la organización.
- e) El estudiante podrá diseñar tras la realización del curso, un diagrama sistemático de mejora que relacione las principales herramientas de la calidad y las técnicas lean.
- f) Al finalizar y superar el contenido completo de los módulos, podrá analizar su puesto de trabajo (real o de prácticas), identificando dificultades y oportunidades de mejora para mejorar el proceso de agregación de valor. Pudiendo realizar un plan de implementación de *Lean Manufacturing*, teniendo en cuenta el comportamiento sistemático de cualquier organización a la hora de direccionar los esfuerzos, de manera que se consiga una implementación más productiva.

## 7. CONCLUSIONES

### 7.1 Introducción

Es ya más que evidente el salto realizado desde hace ya casi una década desde el paradigma de la enseñanza tradicional hacia un paradigma de aprendizaje a lo largo de la vida, el paradigma *LifeLong Learning*. Como ya hemos visto, el docente deja de ser un mero transmisor de la información y los alumnos pasan a considerarse seres activos, capaces de generar conocimientos de una manera individual o colectiva apoyándose en la figura del profesor, que es quien actúa como mediador ante el aprendizaje y les dota de todos aquellos recursos necesarios para la interpretación, la selección, la búsqueda, la síntesis y el procesamiento de información.

En este último capítulo de la memoria se exponen todas aquellas conclusiones extraídas de la realización del proyecto:

#### 7.1.1 La inclusión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC'S) en el ámbito educativo.

Tras la utilización de las TIC'S para la elaboración del proyecto, se ponen en evidencia numerosos aspectos positivos resultantes de la aplicación de estas en el ámbito educativo:

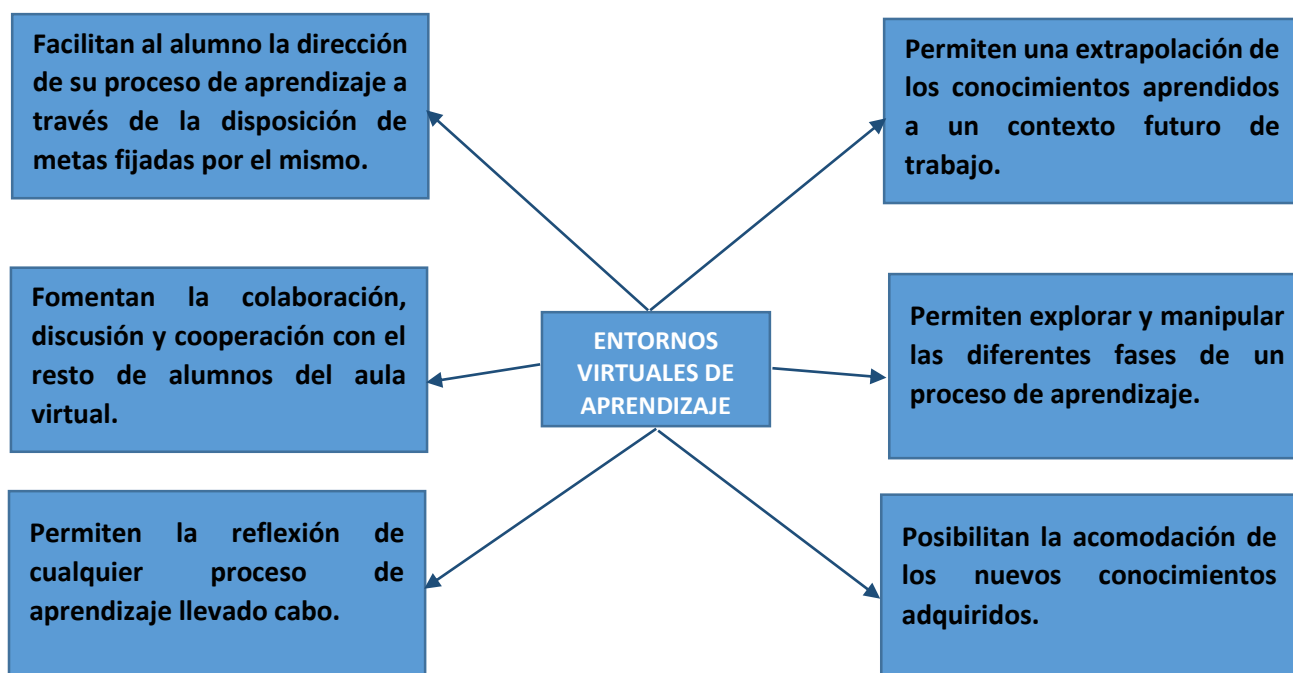
- Generan marcos educativos más flexibles.
- Favorecen el acceso a estudios superiores a personas con dificultades económicas, de lugar de residencia, etc.
- Proporcionan oportunidades educativas al alumnado con discapacidad.
- Mejoran la calidad de la enseñanza de habilidades en asignaturas concretas.
- Son un factor innegable de socialización y educación.

Podemos decir, por tanto, que la integración de las TIC'S resulta cada día más imprescindible, al igual que los docentes deben de haberse preparado a través de cursos de capacitación instrumental para trabajar con el objetivo de fomentar nuevas percepciones educativas y recursos culturales.

### 7.1.2 La realidad de un nuevo modelo de aprendizaje.

Internet juega cada día un papel en la educación que cobra mayor importancia como herramienta capaz de generar interacciones que antes no eran posibles, siendo estas únicamente capaces de generarse mediante una figura de profesor renovado y actualizado, de un profesor creativo con capacidad de emplear herramientas nuevas y técnicas actualizadas que generan un nuevo aprendizaje.

El empleo de entornos virtuales de aprendizaje, como *Moodle 2.3*, permite obtener mayor control de la circulación de contenidos entre los diferentes agentes (profesores y alumnos) que intervienen en el proceso de aprendizaje. Dichos entornos virtuales deben ser elaborados para un uso intuitivo y sencillo, donde cualquier estudiante pueda tener a su disposición la información que necesita en cada caso de forma rápida y lógica. A continuación se adjunta el *Cuadro 1* en el que se resumen las principales aportaciones de los Entornos Virtuales de Aprendizaje a la educación:



*Cuadro 1 Aportaciones de los EVA al proceso de aprendizaje.*

### 7.1.3 El uso de Moodle y sus ventajas.

Muchos de los sistemas de gestión de entornos virtuales empleados para cualquier proceso educativo se presentan en el mercado en algunas ocasiones con altos costes

económicos, sin embargo *Moodle*, al ser de código abierto permite al usuario un mantenimiento de red totalmente gratuito y con coste cero en lo referente a la adquisición del mismo.

Actualmente *Moodle* se está implantado en más de 45.000 sitios por todo el globo terráqueo, traducidos a más de 75 idiomas. A la hora de valorar este aumento significativo debemos tener en cuenta que *Moodle* funciona como herramienta de fácil instalación y mantenimiento, con un bajo coste económico por parte de las instituciones.

Pese a la utilización de Moodle en una amplia variedad de asignaturas de las distintas titulaciones de la Universidad de Zaragoza, para que el uso de este se convierta en una herramienta de plenas garantías de cara a la formación no presencial, es necesaria una formación previa por parte de los educadores en cuanto a todo tipo de conocimientos técnicos que favorezcan el uso y aprovechamiento para su posterior implantación en cualquier asignatura.

#### **7.1.4 Conclusiones finales.**

La actividad docente en aulas virtuales o entornos virtuales de educación hace que el profesor pase de ser la principal fuente de conocimiento jugar un papel orientador y animador dentro del proceso formativo, conectando con los estudiantes con el objetivo de dar forma a una respuesta que se ajuste a las necesidades de aprendizaje, *Moodle* no determina el estilo de enseñanza y aprendizaje pero es uno de sus puntos fuertes, por lo cual la gran mayoría de las mejoras relacionadas con aspectos pedagógicos deberían de centrarse en la línea principal de desarrollo de Moodle.

Como paso previo a su implantación, las actividades deben de estar completamente acomodadas a la asignatura y se debe contar con un diseño previo adecuado para el desarrollo del aprendizaje del estudiante. Es decir, debemos de considerar necesario llevar a cabo un proceso, quizás de mayor complejidad que el del presente proyecto, de contenidos mayores y con una optimización mayor siempre que sea posible de aquellas herramientas referentes a las tutorías o seminarios virtuales.

Tras la realización de este proyecto y como alumno de la Universidad de Zaragoza, la experiencia de uso de *Moodle* me ha hecho reflexionar sobre los procesos fundamentales de la educación no presencial y considerarlos para su aplicación, reconociendo que los retos y dificultades que se han planteado no son exclusivamente tecnológicos, sino pedagógicos.

Como ya hemos visto ofrece una mayor flexibilidad y grandes ventajas docentes, particularmente, refiriéndonos en este caso al temario abordado en el presente proyecto de *Desarrollo de herramientas y casos para el aprendizaje no presencial de Ingeniería de la Calidad*, le otorga al alumno un papel más constante en la realización de casos prácticos. Este modelo de formación no-presencial mantiene parte del modelo tradicional educativo (conservando los contenidos teóricos, que en determinadas ocasiones van solapados a presentaciones virtuales) pero da un salto hacia otra dimensión en cuanto a la disponibilidad de nuevos recursos para la realización de tareas prácticas (videopresentaciones, seminarios on-line, foros, etc.) sin necesidad de desplazarse a la universidad.

Personalmente considero la formación no presencial en determinadas asignaturas o determinados ciclos de formación superior, másteres o postgrados como una apuesta necesaria y enriquecedora dentro del proceso educativo.

## **ANEXO 1**

### **Como grabar presentaciones de Power Point con Camtasia Studio.**

Como paso previo, es necesario haber instalado correctamente el programa *Camtasia Studio 8*, este funciona con cualquiera de las diferentes versiones de Microsoft Office desde la versión 2003 hasta la versión actual.

### Paso 1

Abrir el programa Microsoft Power Point. (Si es la primera vez que se ejecuta el programa tras la instalación de Camtasia Studio 8, aparecerá una ventana que nos informara de la instalación correcta del software. Hacer click en *Ok* y desmarcar la pestaña *Show to again*).

### Paso 2

Abrir la presentación de Power Point sobre la que queremos trabajar.

### Paso 3

Una vez abierta la presentación, localizar en la parte superior el menú *Complementos* (ver Figura 1), con este se nos desplegaran los controles necesarios para poder configurar correctamente la grabación.



**Figura 1.**

Las diferentes opciones que encontramos en el menú *Complementos* son los siguientes:

- **Record:** sirve para comenzar a grabar las diapositivas.
- **Record audio:** sirve para grabar el audio. Importante mantenerla marcada si queremos grabar el audio.



- **Record camera:** sirve para grabar con la propia cámara web del ordenador utilizado.
- **Show cámara preview:** muestra la presentación preliminar de nuestra cámara web. Aparecerá una ventana auxiliar que deberemos de cerrar, automáticamente después podremos previsualizar la imagen de lo que grabamos con nuestra cámara web junto a la presentación de Power Point.
- **Camtasia studio recording options:** sirve para revisar la configuración. Si pulsamos sobre él, se nos desplegara una pantalla (ver Figura 2), donde tendremos que dejar marcadas las opciones reseñadas en ella.

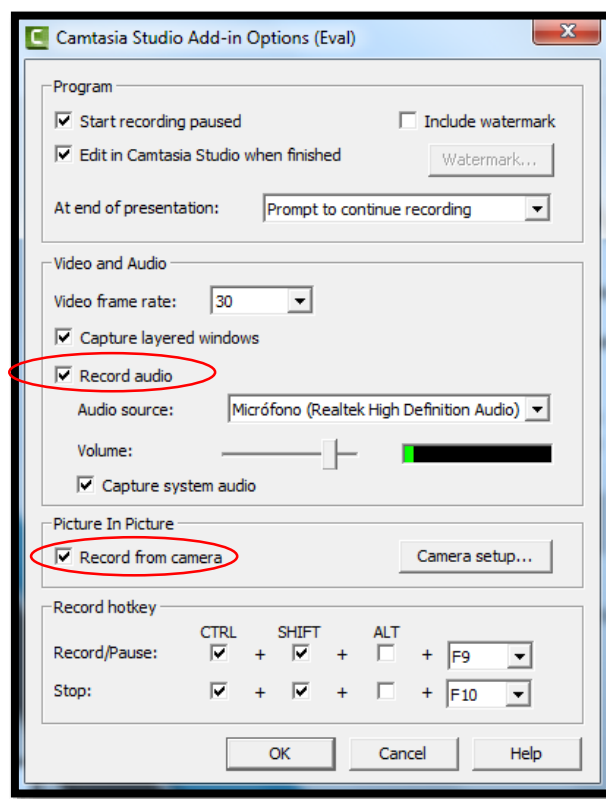


Figura 2.

- **Open help topic:** menú desplegable de ayuda de Camtasia Studio 8.

#### Paso 4

El siguiente paso es el de comenzar a grabar la presentación. Para ello hace click sobre botón *Record*. Se nos maximizara la diapositiva sobre la que empezamos la grabación y nos aparecerá la siguiente ventana (Figura 3).

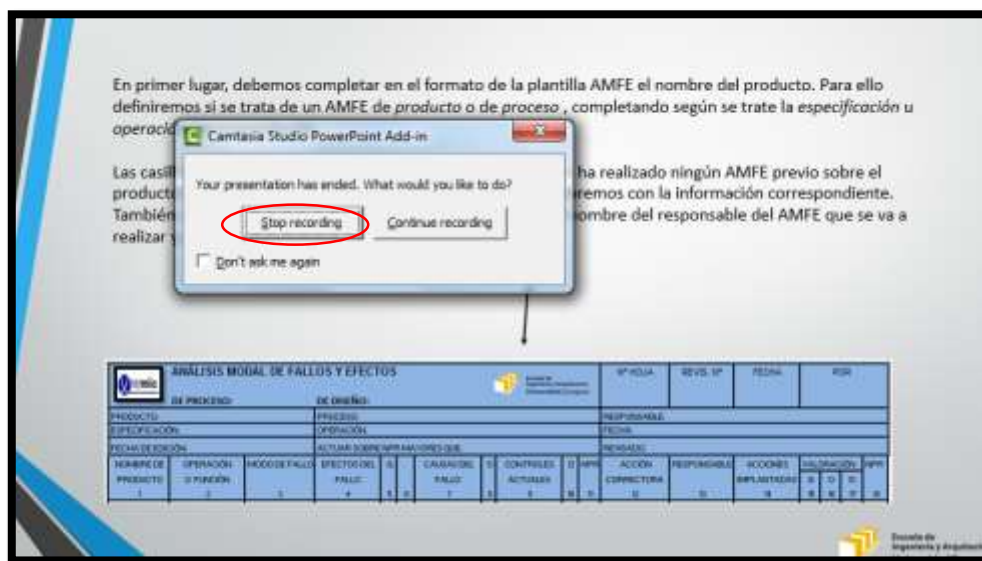


**Figura 3.**

Para comenzar la grabación hacer click sobre el botón señalado. A partir de ese momento comenzara nuestra exposición de power point en la que se grabará nuestra imagen y audio.

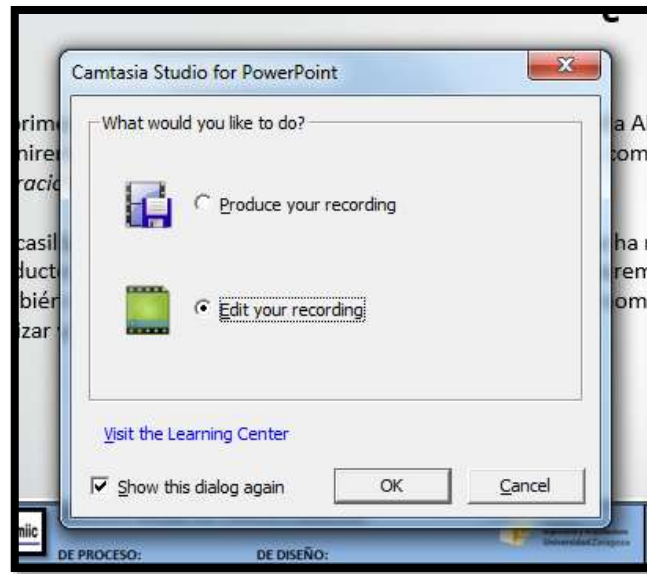
## Paso 5

Una vez que finalicemos la presentación nos aparecerá la siguiente imagen. (Ver figura 4)



**Figura 4.**

Terminaremos la grabación haciendo click en el botón señalado. Automáticamente se nos mostrará una ventana, esta nos especificará donde deseamos guardar nuestra grabación. Posteriormente nos aparecerá la siguiente ventana (ver Figura 5), en la que se nos pregunta lo que deseamos hacer, esta nos presenta dos opciones:

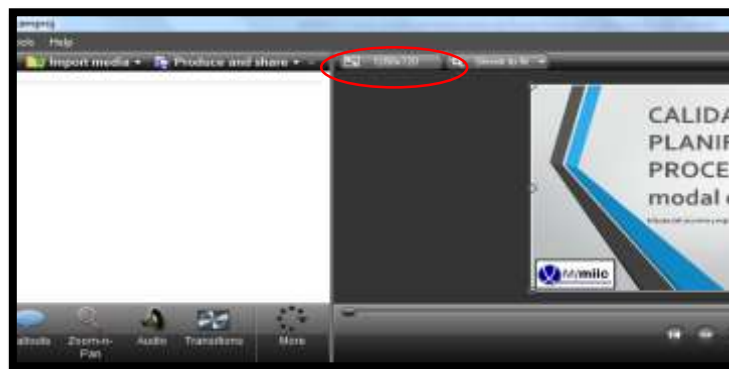


**Figura 5.**

- **Produce your recording:** con la cual renderizaremos directamente nuestro video.
- **Edit your recording:** con esta opción editamos el video que hemos grabado, y automáticamente se nos cargara *Camtasia Studio 8*.

## Paso 6.

Cargado el programa, debemos seleccionar las dimensiones de la grabación mediante el botón *Editing dimensions*. (Ver Figura 6)



**Figura 6.**

Seleccionaremos en la pestaña desplegable la siguiente opción *Recording dimensions 1366 x 768* para hacer después click en el botón *Ok*, y nos quedará insertada nuestra grabación en la línea de tiempo.

## Paso 7

En la *Presentación preliminar (parte superior derecha)* nos aparecerá la grabación realizada con la cámara web del ordenador, lo que haremos será desplazar esta hasta la ubicación final donde decidamos colocar la grabación. (Ver Figura 7)



**Figura 7.**

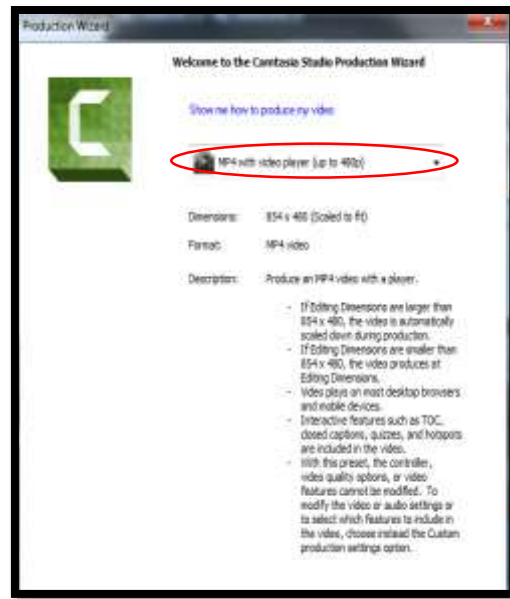
Haremos click sobre dicho recuadro y como ya hemos dicho lo dejaremos colocado en aquel sitio donde se desee para realizar nuestra presentación con grabación. Es muy importante que no oculte aquellas zonas centrales del video.

El propio programa ofrece múltiples opciones con las que podemos modificar y optimizar todavía más nuestra presentación, las cuales quedan completamente detalladas en el siguiente tutorial:

[http://www.videoaccessible.udl.cat/guies/GuiaCamtasia\\_cast.pdf](http://www.videoaccessible.udl.cat/guies/GuiaCamtasia_cast.pdf)

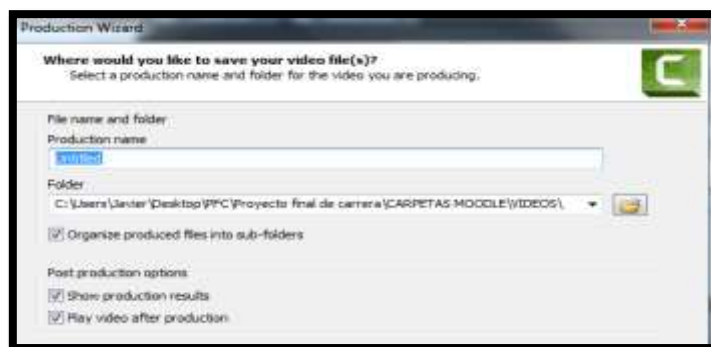
## Paso 8

Por último debemos dirigirnos a la opción de *Produce and share* y se nos desplegará la siguiente ventana, en la cual tendremos que seleccionar la opción marcada. (Ver figura 8)



**Figura 8.**

Para finalizar, en la última ventana (ver figura 9) seleccionaremos el nombre de nuestra grabación en la primera casilla, en la segunda casilla colocaremos la ubicación donde guardar nuestro video y por último haremos clic en el botón *finalizar* y dará comienzo la renderización de nuestro video. Cuando acabe dicho proceso volveremos a la pantalla de trabajo de editar que nos muestra Camtasia Studio donde volveremos a ubicar el archivo en el lugar donde hemos decidido guardarlo anteriormente, así ya podremos visualizar y trabajar con nuestra grabación.



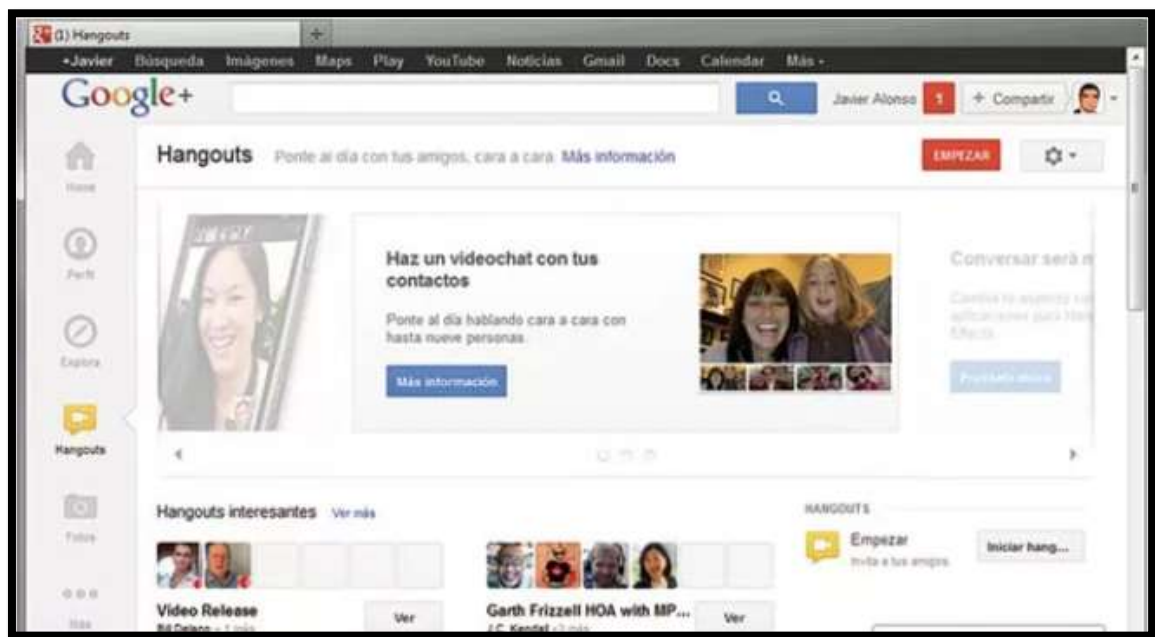
**Figura 9.**

## **ANEXO 2**

### **Cómo realizar seminarios y tutorías on-line a través de YouTube con Google Hangouts.**

## Paso 1. Instalación del software

En primer lugar se debe acceder a [Google+](#) y hacer clic en el icono *Hangouts*. Iniciaremos la instalación pulsando sobre el botón *Empezar*. Si nunca hemos utilizado el videochat de Google, la aplicación nos avisará de la necesidad de instalar el complemento de audio y vídeo.



***Pantallazo que muestra el interfaz de Google Hangouts.***

Deberemos pulsar sobre el botón *Instalar complemento*, que descargará el programa GoogleVoiceAndVideoSetup.exe. Ejecutar el programa y volver a la página de Google+ para continuar el proceso. (Si en lugar de un ordenador empleamos un smartphone, lo que hay que hacer es instalar la aplicación Google Plus desde la tienda de aplicaciones. Esta trae todo lo necesario).



*Ventana de descarga del programa GoogleVoiceAndVideoSetup.exe.*

**Nota:** Importante utilizar el navegador Google Chrome para entrar a Google Plus, nos ofrecerá mayor compatibilidad y menos errores.

## Paso 2. Comprobación del estado del Hardware.

Deberá comprobarse el correcto funcionamiento de la cámara, del micrófono y de los altavoces. Para ello lo verificaremos en las *Opciones de Configuración*. A continuación, reproduciremos un *sonido de prueba* para determinar la calidad con la que se desarrollará la emisión. Una vez comprobado el correcto funcionamiento, pulsaremos el botón *Guardar la configuración*.



*Ventana de Opciones de configuración.*



### Paso 3. Convocar a los usuarios para realizar el videochat.

Instalado el complemento de audio y vídeo, la aplicación nos lleva a la ventana de Google Hangouts, desde la que será posible iniciar un videochat con el resto de usuarios.

En primer lugar, se deberá de invitar a los usuarios en *Tus círculos*. + *Añadir a más contactos* o haciendo clic sobre su *avatar*. Posteriormente, daremos *nombre* a nuestro Hangout y, si queremos que se pueda ver en directo en todo el mundo a través de nuestro canal de YouTube, marcaremos la opción *Habilitar Hangouts en directo*. Para finalizar pulsando sobre *Entrar*. Los usuarios invitados recibirán las invitaciones para participar en el Hangout a través de las notificaciones de Google+.



*Ventana de iniciación de una videoconferencia con Google Hangout.*

Una vez instalado Google Hangouts nos permitirá emitir a través del propio canal creado en Youtube, mediante emisiones en directo “live”, en función de los requerimientos que se crean necesarios. Una vez realizada la emisión, se podrán subir los videos de las conferencias seminario realizadas a cualquier página web, como cualquier otro video.

Los suscriptores al canal, recibirán notificación sobre las emisiones, y el video grabado quedara en el canal de Youtube.

## Paso 4. Verificación canal YouTube

Llegados a este punto pueden surgir determinados problemas si no tenemos *verificada nuestra cuenta de YouTube*. Para poder emitir en directo, será necesario introducir una serie de datos personales (incluido el número de móvil), y que aceptemos las condiciones del servicio. El propio canal de YouTube *enviará un SMS al móvil con una clave* que deberemos introducir en la casilla correspondiente, tras lo cual se habrá completado el proceso de verificación.

## Paso 5. Comienzo de la emisión

Tras hacer clic en el botón *Entrar*, accederemos a la pantalla de *videochat de Google*, simplemente se deberá pulsar el botón para comenzar la emisión, de color rojo, que aparece a la derecha de la interfaz.

Inicialmente la emisión comienza en privado para poder configurar los distintos aspectos necesarios para salir a emisión, como invitar a los otros asistentes, explicarles cómo funciona todo, tuitear que empiezas a emitir en directo, etc.

Un detalle importante en el que debes fijarte es que, cuando vas a emitir públicamente con Youtube, aparece un link cerca del botón rojo para comenzar la emisión. Ese link pone "Insertar" y si lo pulsas te dará un código HTML para subir el canal en un sitio web y una URL que es la página de Youtube que mostrará tu vídeo en directo.

Esos dos componentes serán esenciales para que anuncies convenientemente el inicio de emisión a través de tus canales de comunicación con tus espectadores.

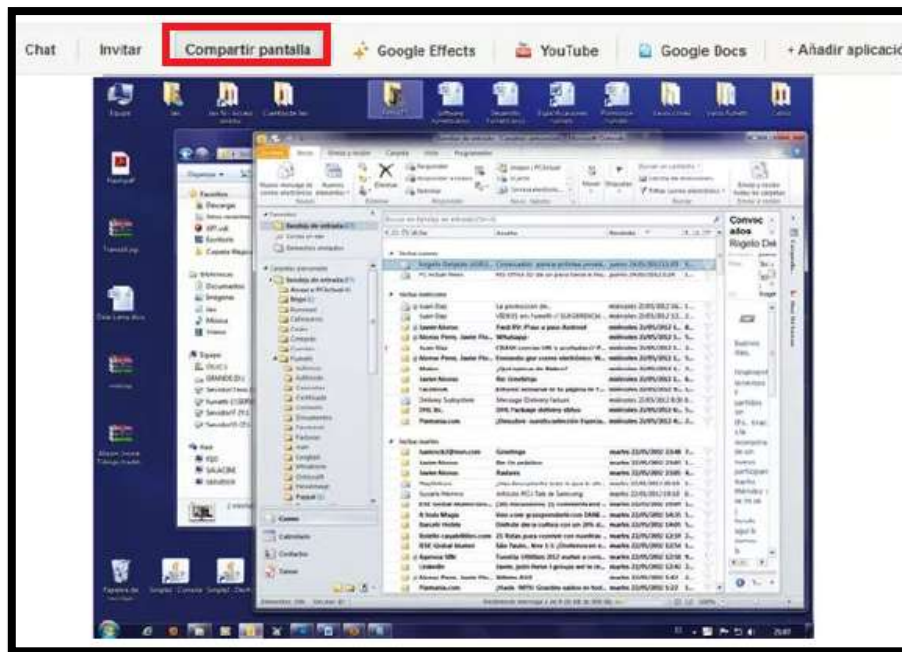
A medida que se vayan conectando los usuarios, aparecerán en la parte inferior de la ventana, siendo posible reunir simultáneamente hasta nueve personas. Todos los usuarios pueden hablar a la vez, también es posible ceder la pantalla a uno de ellos

haciendo clic sobre su imagen. Para comenzar la emisión en directo, pulsar el botón Iniciar Emisión, que se encuentra en la barra de menú.

**A continuación se detallan las distintas opciones y utilidades que ofrece una videoconferencia realizada en YouTube mediante el empleo de Google Hangout:**

- **COMPARTIR PANTALLA**

El botón *Compartir pantalla* sustituye nuestra imagen por una *captura del escritorio* o de alguna de sus ventanas, es muy útil para grabar tutoriales o *realizar explicaciones teórico prácticas*. Pese a minimizar la ventana del navegador, este seguirá emitiendo sin problema alguno.



*Imagen que muestra la opción Compartir Mañana.*

- **CAMERAMAN DE HANGOUTS**

La funcionalidad de “Cameraman” nos ofrece tener el control sobre las cámaras que aparecen en el Hangout, así como los diferentes usuarios que están presentes.

La opción Cameraman permite ocultar a alguno de los participantes en la emisión, si se desea que un usuario no fuese visto por los demás espectadores o usuarios en un determinado momento de la transmisión con esta nueva función podemos hacer que no aparezcan hasta que lo deseemos.

Seleccionando la opción Cameraman, aparece a continuación un icono de una cámara de video en cada uno de los integrantes del Hangout, donde podremos hacer click para poder ocultar a ese dicho usuario. Esta opción Cameraman de Google Hangout solo la verá aquel que haya abierto el Hangout.

- **ADJUNTAR UN RÓTULO A LA EMISIÓN**

Para aquellas videoconferencias en las que se haga necesario rotular la emisión con el nombre del programa, asignatura o usuarios, existe la opción de que uno de los usuarios comparta una aplicación donde se muestren aquellas informaciones que aparezcan.

Generalmente, cargamos el texto en una página web, la visualizamos en un navegador y compartimos esa ventana, con lo que aparece el texto en pantalla. Otra opción es generar una imagen tan compleja como se desee, compartiendo una ventana donde se muestre dicha imagen.

- **EMISIÓN DE VIDEO COMO PÁGINA EN LUGAR DE COMO USUARIO**

Otra de las opciones que se nos ofrece es la emisión del Hangout como página G+ en vez de como usuario. Para ello será necesario tener creada la página en G+ y ser el propio administrador, será necesario para conseguirlo realizar una validación de la página e iniciar el Hangout. La emisión de video en directo también pasara al canal de YouTube.

## **ANEXO 3**

### **Desarrollo de un caso práctico: AMFE Análisis modal de fallos y efectos.**

En primer lugar, debemos completar en el formato de la plantilla AMFE el nombre del producto. Para ello definiremos si se trata de un AMFE de *producto* o de *proceso*, completando según se trate la *especificación* u *operación* correspondiente.

Las casillas *Revisión nº*, *Fecha* y *Por*, se dejan en blanco si no se ha realizado ningún AMFE previo sobre el producto con el que trabajamos. En caso contrario, lo completaremos con la información correspondiente. También se completan las casillas *Responsable* y *Fecha*, con el nombre del responsable del AMFE que se va a realizar y la fecha de comienzo del AMFE, respectivamente.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS											Nº HOJA	REVIS. Nº	FECHA	POR		
DE PROCESO:			DE DISEÑO:													
PRODUCTO:			PROCESO:								RESPONSABLE:					
ESPECIFICACIÓN:			OPERACIÓN:								FECHA:					
FECHA DE EDICIÓN:			ACTUAR SOBRE NFR MAYORES QUE								REVISADO:					
NOMBRE DE PRODUCTO	OPERACIÓN O FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFFECTOS DEL FALLO	G		CAUSAS DEL FALLO	O	CONTROLES ACTUALES	O	NFR	ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE	ACCIONES IMPLANTADAS	VALORACIÓN	NFR	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

**Parte inicial a completar de la plantilla AMFE.**

Una vez rellenados los campos anteriores procederemos a ir realizando el AMFE, para ello iremos completando las diferentes columnas (1, 2, 3,4...) de las que se compone la plantilla.

NOMBRE DE PRODUCTO	OPERACIÓN O FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFECTOS DEL FALLO	G		CAUSAS DEL FALLO	O		CONTROLES ACTUALES	D		NFR	ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE	ACCIONES IMPLANTADAS	VALORACIÓN			NFR
				5	6		7	8		9	10					11	12	13	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	

**Columnas del formato de la plantilla AMFE para completar.**

## Paso 1

En la *columna 1* se anotan los diferentes componentes del producto sobre el que se realiza el AMFE.

## Paso 2

En la *columna 2* anotaremos la *función u operación* de cada uno de los componentes del producto o proceso analizado.

## Paso 3

En la *columna 3* se anotan los **posibles modos de fallo** del componente analizado.

## Paso 4

En la *columna 4* anotaremos los **efectos** producidos por cada uno de los modos de fallo analizados

## Paso 5

En la *columna 5* se anota la **gravedad** producida por cada uno de los fallos. El **índice de Severidad o Gravedad** se obtiene de la tabla *índices de severidad o gravedad del fallo* (valores de *S/G*), disponible en el Anexo I AMFE.

## Paso 6

Si la gravedad es 9 ó 10, y la frecuencia y probabilidad de no detección mayor que 1, el fallo se considerará crítico y se marcará en la *columna 6*.

## Paso 7

En la *columna 7* se enuncian las posibles causas que motivan que el componente falle de los diferentes modos.

## Paso 8.

El siguiente paso es definir la probabilidad de que el fallo ocurra, los controles actuales orientados a detectarlo y/o prevenirlo y la probabilidad de no detectarlo si ocurre. La probabilidad la obtendremos de que de la tabla *probabilidad de no detección del fallo* (valores de *D*), disponible en el Anexo I AMFE.

## Paso 9

En la *columna 9* se anota el **tipo de controles establecidos**, o previstos, para detectar los modos de fallo, que producen éstos o para prevenir la ocurrencia de la causa. Suelen realizarse muestreos de tipo estadístico para inspeccionar cada uno de los modos de fallo.

## Paso 10

En la columna 10 anotaremos la **probabilidad de no detectar el fallo (D)** que se obtiene de la tabla *probabilidad de no detección del fallo (valores de D)*.

## Paso 11

A continuación calcularemos el **Número de Prioridad del Riesgo**, para lo cual se multiplican las columnas 5, 8 y 10, y el resultado se refleja en la *columna 11*.

$$\text{NPR} = S * O * D$$

Gravedad del fallo (S)

Probabilidad de ocurrencia (O)

Probabilidad de no detección (D)

El NPR nos permitirá priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo.

## Paso 12

*Realización de acciones correctoras (columna 12):*

Para todos los **valores de NPR > 100 e índice de severidad o gravedad (G)=10**, se propondrán acciones correctoras para reducir el NPR. El orden de preferencia para las acciones correctoras es:

1. Cambios en el diseño del producto o servicio
2. Cambios en el proceso de fabricación.



### 3. Incrementos del control o de la inspección.

#### Paso 13

En la *columna 13* reflejaremos los responsables designados para cada una de las acciones correctoras.

#### Paso 14.

En la *columna 14* se anotan las acciones correctoras que han sido realmente implantadas.

#### Paso 15.

A continuación, anotaremos el nuevo valor de la gravedad, la nueva probabilidad de ocurrencia, y la probabilidad de no detección en las *columnas 15, 16 y 17*. Calcularemos los nuevos NPR, obteniendo las puntuaciones que se reflejarán en la *columna 18*.

Los valores de los nuevos NPR deben de ser satisfactorios para dar por concluido el AMFE. En caso contrario, sería necesario continuar el proceso AMFE hasta identificar las acciones correctoras que permitan conseguir los valores adecuados de NPR.

## CONCLUSIONES

Emplearemos el Análisis Modal de Fallos y Efectos:

- Para maximizar la satisfacción del cliente mediante la reducción o eliminación de los problemas potenciales o de aquellos que ya han sido definidos.
- En el diseño de nuevos procesos, o en el cambio procesos.
- En la búsqueda de mejoras dentro de la organización.
- Cuando se encuentren nuevas aplicaciones para los productos o procesos.

### Características principales del AMFE:

- Anticipación a la ocurrencia de posibles fallos en nuestros procesos, lo que se traduce en una prevención de estos.
- Creación un modelo sistemático con un enfoque estructurado mediante el cual aseguramos la consideración de todas las posibilidades de fallo.

### **OBJETIVOS de la implantación del AMFE:**

- Satisfacción del cliente
- Implantar una filosofía de prevención.
- Identificar los posibles fallos.
- Llevar a cabo acciones correctivas o preventivas, con el fin de poder suprimir o prevenir fallos.
- Valoración de la eficacia de las acciones tomadas.

## **ANEXO 4**

### **Tablas para el Análisis Modal de Fallos y Efectos.**

GRAVEDAD DEL FALLO	Valores de S/G
<b>Ínfima.</b> El efecto será imperceptible para el usuario.	1
<b>Escasa.</b> El cliente puede notar el fallo, pero sólo provoca una ligera molestia.	2-3
<b>Baja.</b> El cliente nota el fallo y se produce cierto enojo.	4-5
<b>Moderada.</b> El fallo produce disgusto e insatisfacción en el cliente.	6-7
<b>Elevada.</b> El fallo es crítico, provocando un alto grado de insatisfacción en el cliente.	8-9
<b>Muy elevada.</b> El fallo implica problemas de seguridad y de no conformidad con los reglamentos en vigor.	10

*Tabla índice de severidad o gravedad del fallo (G).*

PROBABILIDAD DE NO DETECCIÓN DEL FALLO	Valor de D
<b>Muy escasa.</b> El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado.	1
<b>Escasa.</b> El defecto podría pasar algún control primario, pero sería detectado.	2-3
<b>Moderada.</b> El defecto es una característica de fácil detección.	4-5
<b>Frecuente.</b> Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia llegan al cliente.	6-7
<b>Elevada.</b> El defecto es de difícil detección mediante los sistemas convencionales de control.	8-9
<b>Muy elevada.</b> El defecto con mucha probabilidad llegará al cliente.	10

*Tabla probabilidad de no detección (D).*

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL FALLO	Valor de O
<b>Muy escasa probabilidad de ocurrencia.</b> Defecto inexistente en el pasado.	1
<b>Escasa probabilidad de ocurrencia.</b> Muy pocos fallos en circunstancias pasadas similares.	2-3
<b>Moderada probabilidad de ocurrencia.</b> Fallos de cierta frecuencia en el pasado.	4-5
<b>Frecuente probabilidad de ocurrencia.</b> Fallos de cierta frecuencia en el pasado.	6-7
<b>Elevada probabilidad de ocurrencia.</b> Fallo bastante frecuente en el pasado.	8-9
<b>Muy elevada probabilidad de fallo.</b> Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	10

*Tabla Ocurrencias (O).*

## **ANEXO 5**

### **Desarrollo de un caso práctico: Árbol de fallos.**

## ¿Qué es el método de Árbol de fallos?

### OBJETIVO

Identificar los sucesos o cadena de sucesos que nos pueden llevar a que ocurra un incidente no deseado dentro de un proceso de fabricación, por lo general a un fallo del sistema o a un accidente. Paralelamente nos permite cuantificar la probabilidad o frecuencia con la que se puede producir dichos sucesos, permitiendo el cálculo de la no fiabilidad o no disponibilidad del sistema.

El sistema está basado en las leyes algebraicas de Boole y nos permite obtener la expresión de sucesos complejos estudiados en función de los diferentes fallos básicos que intervienen en el.

### METODOLOGÍA

En primer lugar debemos descomponer sistemáticamente un suceso complejo al que **denominaremos *suceso top*** en sucesos intermedios hasta llegar a sucesos básicos, donde distinguiremos:

- **Suceso top:** ocupa la parte superior de la estructura lógica que representa el árbol de fallos, se representa mediante un rectángulo.
- **Sucesos intermedios:** aquellos sucesos que encontramos en el proceso de descomposición y que, a su vez, pueden ser de nuevo descompuestos, se representan en el árbol de fallos en rectángulos.
- **Sucesos básicos:** son los sucesos terminales de la descomposición, se representan en círculos en la estructura del árbol, representan cualquier tipo de suceso:
  - **sucesos de «fallos»**
  - **sucesos de «éxito»:** ocurrencia de un evento determinado.

- **Sucesos no desarrollados:** aquellos sucesos dentro del proceso de descomposición del árbol de fallos cuyo proceso de descomposición no prosigue, por falta de información o porque no lo consideraremos necesario. Los representaremos como un rombo y se tratan como sucesos básicos.

Aplicaremos los siguientes pasos o etapas para la implantación del método:

### **Paso 1. Descripción de la instalación.**

Describiremos aquellos elementos que componen la instalación así como su funcionamiento.

### **Paso2. Definición del objetivo y alcance.**

En esta segunda etapa lo primero que debemos establecer es saber cuál es el suceso cumbre o *top* y las condiciones límite del análisis de este. El suceso *top* puede ser cualquier suceso que pueda provocar daños a:

- **Equipos**
- **Sistemas**
- **La planta**
- **El entorno**
- **Daño a la salud del personal de planta**
- **Público en general**
- **Pérdida de producción**

Paralelamente será necesario definir cuáles son aquellas condiciones límite en el análisis que estamos llevando a cabo, para ello haremos referencia a los siguientes aspectos:

- **Límites físicos:** partes de la planta o sistema a analizar.
- **Condiciones iniciales:** modo de operación de la planta y los sistemas.
- **Condicionantes externos:** sucesos externos que contribuyen al suceso cumbre.



- **Nivel de resolución:** grado de detalle requerido para la representación del suceso top y las causas que lo originan.

### Paso 3. Definición del Árbol de Fallos para el suceso no deseado.

Debemos conocer previamente la simbología necesaria para construir el Árbol de Fallos, recurriremos para ello a una serie de puertas lógicas que representan los operadores del álgebra de sucesos. Los dos tipos más elementales corresponden a las puertas *And* y *Or*:

- **Puerta Or:** indica un «o» lógico y significa que la salida lógica ocurrirá siempre y cuando ocurran por lo menos una de sus entradas lógicas.
- **Puerta And:** indica un «y» lógico, y para que ocurra la salida lógica es necesario que ocurran conjuntamente sus entradas lógicas.

Para la construcción del árbol de fallos nos basaremos en un método sistemático que partirá del suceso *top* y lo desarrollaremos en sucesos más elementales. Así en los siguientes niveles inferiores determinaremos aquellas causas por las que se puede dar el suceso top:

- **Inmediatas**
- **Necesarias**
- **Suficientes**

Aquellas causas no básicas serán consideradas sucesos intermedios con los cuales se desarrollaran los niveles inferiores, de este modo se procederá de nivel en nivel hasta que se alcancen el grado de resolución que se haya establecido como límite.

## (Metodología) Descripción del sistema Árbol de fallos.

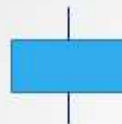
Aquellas causas no básicas serán consideradas sucesos intermedios con los cuales se desarrollaran los niveles inferiores, de este modo se procederá de nivel en nivel hasta que se alcancen el grado de resolución que se haya establecido como límite.



**SUCESO BÁSICO:** no requiere de posterior desarrollo al considerarse un suceso de fallo básico.



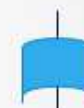
**SUCESO NO DESARROLLADO:** no puede ser considerado como básico, pero sus causas no se desarrollan, sea por falta de información o por su poco interés.



**SUCESO INTERMEDIO.** Resultante de la combinación de sucesos más elementales por medio de puertas lógicas. Asimismo, se representa en un rectángulo el "suceso no deseado" del que parte todo el árbol.



El suceso de salida (S) ocurrirá si, y sólo si, ocurren todos los sucesos de entrada (E1 B1)



El suceso de salida (S) ocurrirá si ocurren uno o más de los sucesos de entrada (E1 B1)



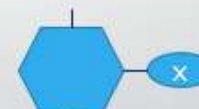
**SÍMBOLO DE TRANSFERENCIA.** Indica que el árbol sigue en otro lugar.



**PUERTA "Y" PRIORITARIA.** El suceso de salida ocurrirá, si y sólo si, todas las entradas ocurren en una secuencia determinada, que normalmente se especifica en una eclipse dibujada a la derecha de la puerta.



**PUERTA "O" EXCLUSIVA.** El suceso de salida ocurrirá si lo hace una de las entradas, pero no dos o más de ellas.



**PUERTA DE INHIBICIÓN.** La salida ocurrirá si, y sólo si, lo hace su entrada y, además, se satisface una condición dada (X).

Simbología de sucesos / puertas del árbol de fallos



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
Universidad Zaragoza

*Simbología de sucesos / puertas del árbol falos*

#### Paso 4. La ecuación booleana, la ecuación reducida y los conjuntos mínimos de fallo.

Se emplean los métodos de reducción basados en los conjuntos mínimos de corte (CMC o MCS Minimal Cut Sets). Los CMC permiten identificar aquellas combinaciones simples, dobles, triples, etc., las cuales conducen al suceso top pudiendo identificar:

- **Tipo de suceso,**
- **Número de veces que se repite en los CMC**
- **Probabilidad de ocurrencia.**

Para la reducción de la ecuación booleana pueden aplicarse las leyes y reglas básicas del álgebra de Boole mostradas en siguiente tabla:

• <b>Propiedad conmutativa</b>	$[x \cdot y = y \cdot x]$
• <b>Propiedad asociativa</b>	$[x + y = y + x]$
• <b>Propiedad distributiva</b>	$[x \cdot (y + z) = (x \cdot y) + (x \cdot z)]$ $[x + (y \cdot z) = (x + y) \cdot (x + z)]$
• <b>Propiedad de <u>idempotencia</u></b>	$[x \cdot x = x]$
• <b>Ley de absorción</b>	$[x + x \cdot y = x]$

*Reglas básicas del álgebra de Boole.*

#### Paso 5. Análisis cualitativo de la importancia.

En esta etapa se debe realizar el estudio cualitativo colocando las importancias en una tabla los sucesos básicos pertenecientes a los CMC estudiando y se estudiará el número de veces que se presentan en

CMC de órdenes 1, 2, 3, etc. Posteriormente, la importancia de cada suceso básico se calculará dividiendo el número de veces que aparece un suceso básico por el orden del CMC en el que aparece, de forma ponderada. El formato a utilizar es el mostrado en la siguiente tabla:

Suceso básico	Veces que aparece un CMC de orden (N) (I,II,III o IV)	Importancia total N x (1/orden)
1		
2		
3		

*Formato tabla para realizar el análisis cualitativo del árbol de fallos.*

Aquel suceso básico de mayor importancia ser objeto de mayor atención, se deben de proponer aquellas medidas correctoras que reduzcan en la mayor medida de lo posible su nivel de importancia.

## **Paso 6. Cálculo de la probabilidad del suceso top, análisis cuantitativo.**

Esta sexta etapa se basa en el análisis cuantitativo del Árbol de fallos, en ella se debe realizar el cálculo probabilístico del suceso top a partir de la probabilidad de ocurrencia de los sucesos básicos. El conocimiento de los diferentes valores de probabilidad de los sucesos primarios (básicos o no desarrollados) nos permitirá:

Calcular la probabilidad global de aparición del suceso top.

Determinar las vías de fallo más críticas, es decir, aquellas que sean mas probables entre la combinaciones de sucesos susceptibles de ocasionar el suceso top.

Para llevar a cabo una valoración de la probabilidad global de aparición del suceso top se realizan los siguientes pasos:

1. **Asignar valores probabilísticos a los sucesos primarios.**
2. **Determinar las combinaciones mínimas de sucesos primarios cuya ocurrencia simultánea garantiza la aparición del suceso top, a partir de la siguiente ecuación:**

$$P(top) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P(CMC)_i), \text{ donde: } i = \text{cada uno de los conjuntos mínimos de fallo y } P(CMC) = \text{probabilidad de cada uno de los CMC.}$$

En algunas ocasiones, en vez de aplicar la ecuación anterior, calcularemos la probabilidad del *suceso top* de una forma más simplificada, como la suma de todas las probabilidades de ocurrencia de los CMC. Esta metodología de cálculo de probabilidad apenas modificará el resultado numérico y facilitara su cálculo, además obtendremos un valor seguro ya que los valores obtenidos serán mayores que los de la ecuación anterior.

### **Paso7. Análisis cuantitativo de la importancia. Cálculo de los índices RAW Y RRW.**

Una vez realizado el estudio cualitativo de importancia, es importante analizar la importancia cualitativa de los sucesos básicos desde un punto de vista cuantitativo, para ello emplearemos los índices *RAW* y *RRW*:

- **Índice RAW (Risk Achievement Worth):** nos muestra el aumento de la probabilidad de ocurrencia de la incidencia que estamos analizando si consideramos presente un componente de fallo en todo momento, representa la degradación del sistema en caso de que ocurriera el fallo del componente. Lo calcularemos dividiendo la probabilidad del suceso top en el caso de que dicho componente tenga una probabilidad de fallo de 1, por la probabilidad total del suceso top:

$$RAW_i = \frac{P(top, P_i = 1)}{P(top)}, \text{ donde: } i = \text{cada uno de los componentes, } P(top, P_i = 1),$$

probabilidad del suceso *top* cuando la probabilidad del suceso *i* es 1.

Cuanto mayor sea el valor del índice RAW, mayor peso en la degradación del sistema representara dicho componente, en consecuencia las medidas correctoras deberán estar encaminadas hacia la disminución de la importancia de dicho componente en relación al fallo del sistema.

- **Índice (Risk Reduction Worth):** muestra la disminución de la probabilidad de ocurrencia del accidente analizado como si consideráramos que un componente es totalmente fiable y nunca falla (probabilidad de fallo = 0). Indica cuales son los componentes que debemos modificar para reducir al máximo la probabilidad del suceso top. Se calculará para cada uno de los diferentes componentes dividiendo la probabilidad total del suceso top por la probabilidad que tendría dicho suceso top en caso de que el componente tenga probabilidad de fallo nula:

$$RRW_i = \frac{P(top)}{P(top, P_i = 0)}, \text{ donde: } i = \text{cada uno de los componentes, } P(top, P_i = 0),$$

probabilidad del suceso top cuando la probabilidad del suceso i es 0.

Cuanto mayor sea el índice RRW, mayor será la mejora obtenida en el sistema, y mejor será la fiabilidad del componente, por lo que las medidas correctoras deberán dirigirse hacia la disminución de la importancia de dicho componente en el fallo del sistema.

#### **Paso 8. Propuesta y esquema de medidas correctoras.**

Deberán buscarse aquellos posibles cambios que mejoren el sistema analizado con el objetivo de reducir la probabilidad de ocurrencia del suceso no deseado, también se deberán escribir las medidas correctoras aplicadas a la instalación.

#### **Paso 9. Definición del nuevo árbol de la instalación y cálculo de la disminución de la probabilidad del suceso no deseado.**

Para finalizar el proceso se construirá el árbol de fallos de la nueva instalación calculando la nueva probabilidad de ocurrencia del suceso no deseado y la disminución conseguida. Para el cálculo de la mejora del sistema dividiremos la *probabilidad del suceso del suceso top del sistema inicial* por la *probabilidad top del de nuevo sistema*.

$$\text{Ratio de mejora} = \frac{P(top_{inicial})}{P(top_{final})}$$

Cuanto mayor sea el ratio de mejora, mayor será la efectividad de las medidas correctoras que hayamos aplicado.

## **ANEXO 6**

### **Desarrollo de un caso práctico: 7 Herramientas básicas del control de la calidad Industrial.**



## ¿Qué es una herramienta para el control y la mejora de la calidad?

En 1976 Kaoru Ishikawa, en su libro *Guide to quality control*, propone por primera vez la utilización de un conjunto de herramientas para el control de la calidad. Considerando para ello fundamental la utilización de los métodos estadísticos para ejecutar juicios correctos acerca de los datos recogidos en los procesos productivos.

Principales características de estas 7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD:

- **Herramientas visuales**
- **Fácil utilización y comprensión**
- **Flexibilidad, pudiendo ser empleadas en una empresa de producción o de servicios.**
- **Gran potencial en la toma de decisiones.**
- **Base de la mejora de procesos industriales**

## ¿Cuáles son las 7 herramientas de la calidad?

Estas siete herramientas están presentadas en el orden en el que son utilizadas generalmente:

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| • <b>1. DIAGRAMA DE FLUJO</b>                | • <b>5. HISTOGRAMAS</b>               |
| • <b>2. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO (Ishikawa)</b> | • <b>6. DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN</b>   |
| • <b>3. DIAGRAMA DE PARETO</b>               | • <b>7. GRÁFICOS DE CONTROL (SPC)</b> |
| • <b>4. HOJAS DE CONTROL</b>                 |                                       |

Pueden ser empleadas en orden distinto, y también de forma individual. Servirán de guía a la empresa, permitiéndole identificar cuáles son los problemas que les están ocasionando un mal funcionamiento.

## 1. Diagrama de flujo.

### OBJETIVO

Mostrar cuál es el flujo del proceso que se va a analizar, determinando cuáles son las entradas y salidas de cada una de las actividades del proceso.

Utilizaremos para ello alguna de las diferentes metodologías gráficas existentes para la representación de procesos, basándose la mayoría de ellas en distintos bloques que identifican:

- OPERACIONES
- MOVIMIENTOS
- ALMECENAJE
- INSPECCIONES
- RETRASOS
- MEDICIONES



*Esquema básico de diagrama de flujo.*

El diagrama de flujo constituye un excelente punto de partida para la elaboración de procedimientos de trabajo, dando lugar a una comunicación de interpretación unánime.

## 2. Diagrama causa-efecto (Ishikawa)

### OBJETIVO

Detectar todas las causas posibles de un determinado problema o defecto.

A partir del problema a analizar, el diagrama causa-efecto lo relacionara con sus posibles causas agrupadas en función de los diferentes tipos. Las causas principales se muestran en las “espinas” principales del diagrama, estas estarán relacionadas al mismo tiempo con las causas secundarias que las afectan.

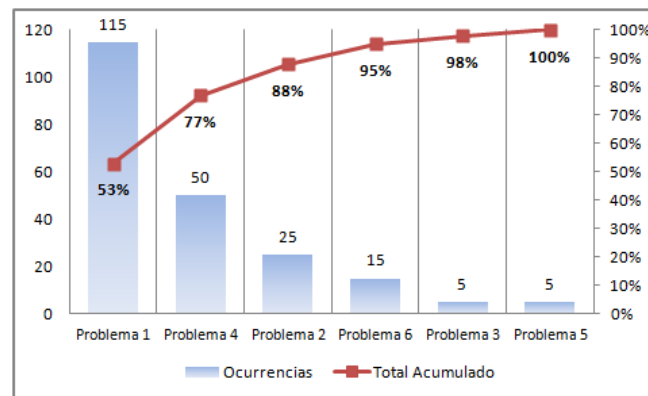
Podemos agrupar las causas principales obedeciendo a los siguientes criterios:

- **MANO DE OBRA**
- **MÁQUINAS**
- **MATERIALES**
- **MÉTODOS**
- **MEDICIONES**
- **MEDIO AMBIENTE**



El diagrama de Pareto también está relacionado con el “diagrama A,B,C”, este clasifica las causas en 3 grandes grupos:

- Causas de tipo “A” → 20% del total y causan el 80% de los problemas.
- Causas del tipo “B” → 30% del total y causan el 5% de los problemas.
- Causas de tipo “C” → 50% restante, representan el 5% de los problemas.



*Ejemplo diagrama de Pareto.*

El gráfico de Pareto evalúa las no conformidades de los procesos productivos, permitiendo analizar diferentes tipos de datos.

## 4. Hojas de control

### OBJETIVO

Recoger datos del proceso a analizar de forma sencilla, rápida y eficaz. Evitar errores en la toma de datos y disminuir las tareas de los responsables de recogida.

A la hora de diseñarlas:

- **Separar los datos en diferentes grupos.**
- **Marcado con señales simples.**
- **Datos estratificados con claridad.**

Hoja de registro

Producto:	Fecha:
Etapas de manufactura: insp. final	Sección:
Tipo de defecto: rayones, incompleto, rajado, deformado	Nombre del inspector:
Número total inspeccionado: 1.525	Número del lote:
Observaciones: Se inspeccionaron todos los ítems	Número de orden:

Tipo	Registro	Subtotal
Rayas superficiales	/// //	17
Rajaduras	/// /	11
Incompleto	/// // // // // /	26
Deforme	///	3
Otros	///	5
	Total:	62
Total rechazados	/// // // // // // // // //	42

*Ejemplo de hoja de control.*

## 5. Histograma

### OBJETIVO

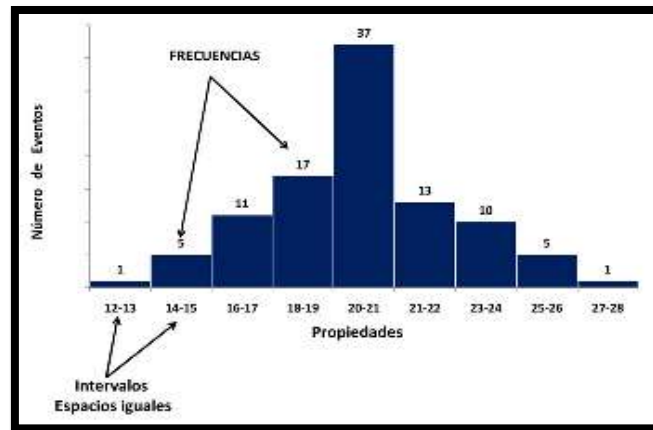
Mostrar gráficamente un conjunto de datos relativos a un determinado proceso que está sujeto a variabilidad.

### APLICABILIDAD

- Evaluación de la distribución de los datos de la muestra analizada.
- Analizar la capacidad de los procesos, mostrando los límites de las especificaciones del cliente.
- Detectar la proporción de datos que no cumple los requerimientos.

### METODOLOGÍA

1. Recoger los datos objeto de estudio.
2. Agruparlos según valores o dentro de un margen.
3. Representación gráfica según su frecuencia
4. Obtenemos: distribución, mediana y variabilidad.



*Ejemplo Histograma.*

## 6. Diagramas de dispersión

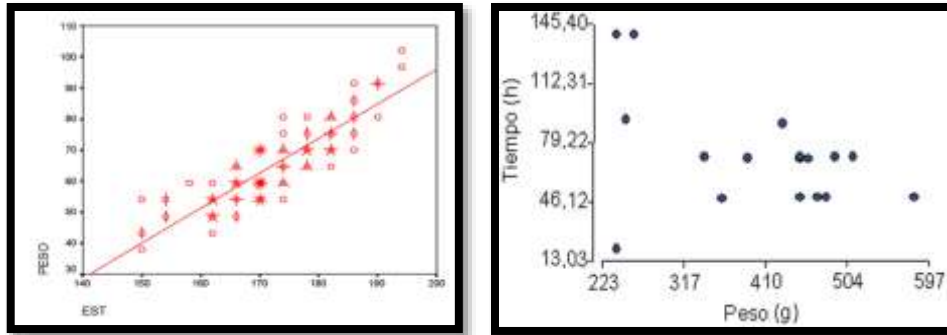
Determinar la relación entre dos conjuntos diferentes de datos, como sería por ejemplo la temperatura de un proceso y la resistencia de los productos finales.

### METODOLOGÍA

- **Recoger los datos de los diferentes conjuntos por parejas.**
- **Representación de cada variable en un eje distinto de coordenadas:**
  - **Eje Horizontal → Principales datos que a priori son la causa.**
  - **Eje Vertical → Efectos de estos.**
- **Comprobar si existe relación o no entre ambas variables, para ello observaremos la TENDENCIA y DISPERSIÓN del gráfico obtenido.**

Es importante tener una gran cantidad de pares de datos para poder evaluar la correlación existente.

En algunas ocasiones es muy común emplear un mismo gráfico para realizar un análisis de datos con distintas características, por lo que se estratifican, separándose según características. Estas son representadas en el mismo gráfico mediante distintas simbologías.



Ejemplo de diagrama de dispersión en el que se incluyen diferentes características. (Izquierda) Ejemplo de diagrama de dispersión, incluida una sola característica. (Derecha)

## 7. Gráficos de control (SPC)

### OBJETIVO

Tener bajo control una determinada característica de calidad a medir.

### METODOLOGÍA

1. Diseño de gráficos que registran los valores de los parámetros medidos en cada intervalo de tiempo.
2. Señalar en el gráfico los Límites Superiores e Inferiores aceptables en el proceso de control.
3. Realizado el gráfico, visualizar si los datos recogidos están o no entre los límites establecidos.
4. Detectar los posibles problemas de calidad.

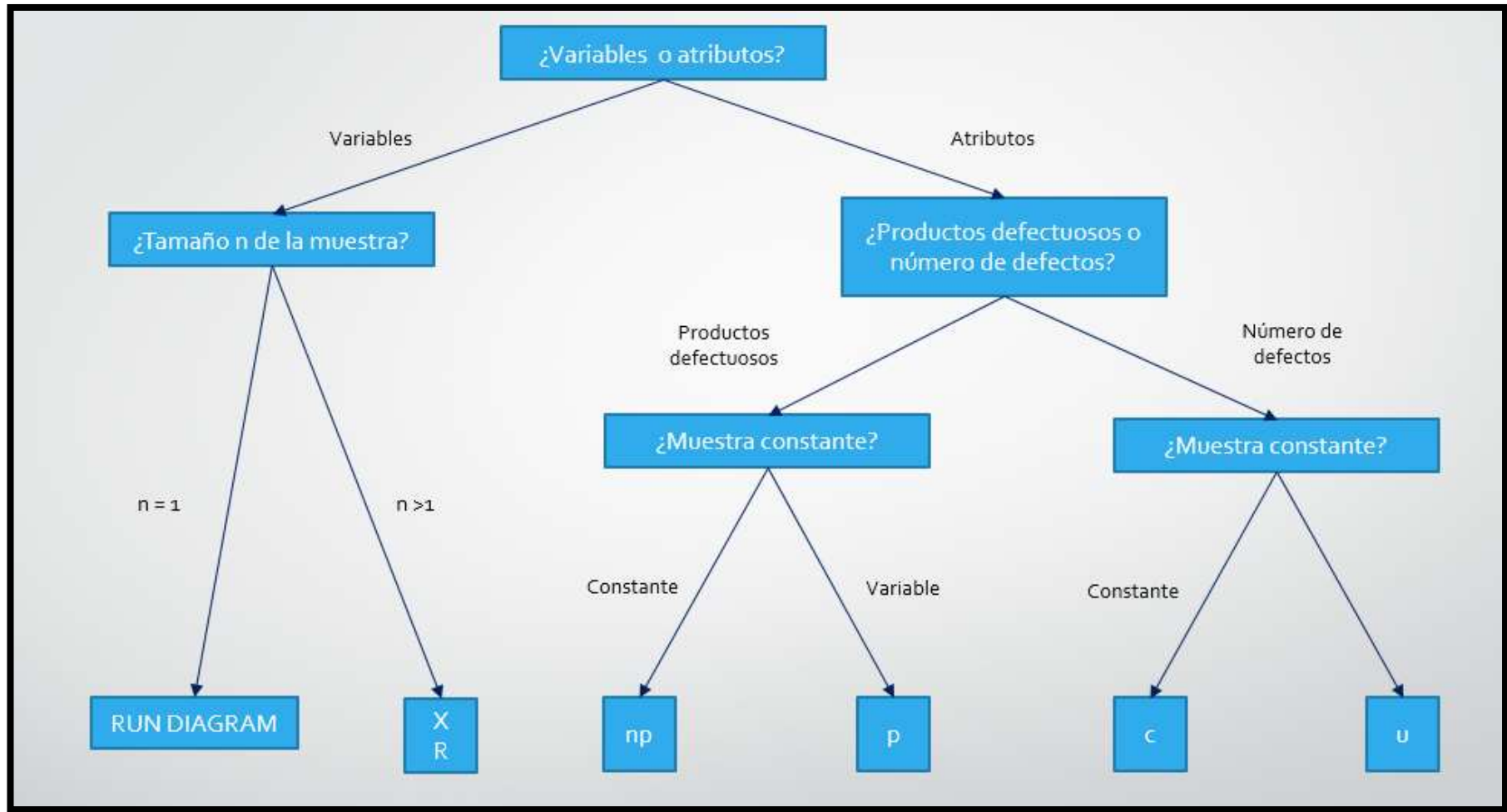
Los gráficos más empleados son: "Run diagram", "X", "R", "np", "p", "c" y "u". En función del tipo de datos a analizar deberemos emplear uno u otro gráfico, a continuación se especifican los objetivos de uno u otro:

- **RUN DIAGRAM (Gráfico de recorrido):** controlar el valor de todas las unidades producidas en un determinado proceso de fabricación.
- **X:** controlar las medias de las diferentes muestras de un proceso, el gráfico X se utiliza generalmente junto al gráfico R.
- **R:** controlar los recorridos o intervalos de diferentes muestras de un proceso, entendemos como recorrido la diferencia entre el valor máximo y mínimo de cada una de las muestras.



- **np:** controlar las unidades defectuosas de un proceso cuando éstas son expresadas en número de unidades y el tamaño de la muestra es constante.
- **p:** controlar las unidades defectuosas de un proceso cuando éstas se expresan como una fracción de las unidades totales y el tamaño de cada muestra es variable.
- **C:** controlar la cantidad de defectos o no conformidades de un proceso tal y como el gráfico **np**, es decir, cuando estas expresan el número de defectos y el tamaño de la muestra es constante. A diferencia del gráfico **np**, en el gráfico **c** podemos encontrar más defectos que unidades controladas.
- **u:** controlar la cantidad de defectos o no conformidades cuando éstas se expresan como una fracción de las unidades totales, tal y como lleva a cabo el gráfico **p**, teniendo en cuenta las no conformidades de unidades defectuosas.

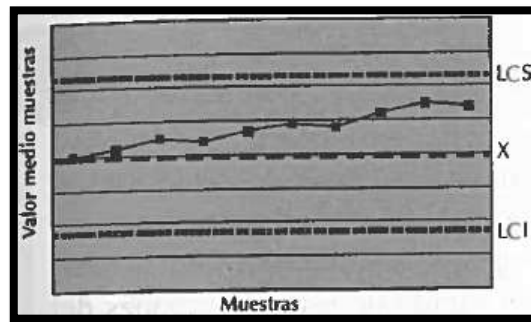
En el siguiente página se muestra un esquema para llevar a cabo la selección del tipo de gráfico de control a emplear:



*Esquema de selección de gráficos de control.*

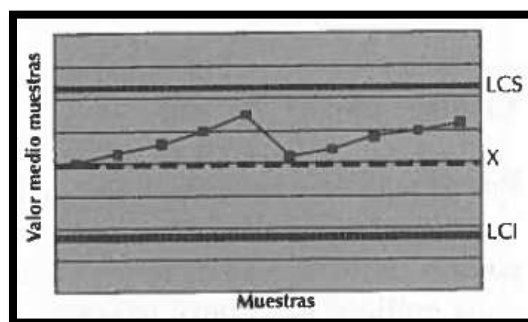
**Patrones de problemas que nos pueden presentar los gráficos de control:**

**TENDENCIA:** la observación de una cierta tendencia podría revelar por ejemplo un desgaste uniforme y continuado de la máquina, debido a suciedad, falta de mantenimiento, etc.



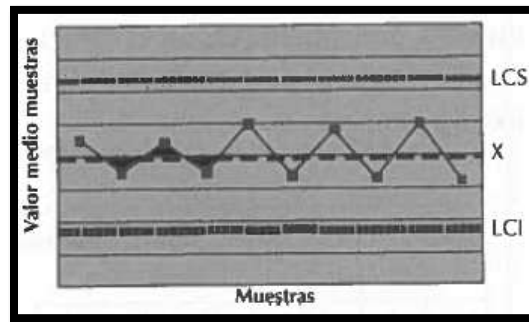
*Gráfico de control con tendencia.*

**CAMBIOS REPENTINOS:** pueden ocultar cierta dejadez de los operarios, que al detectar que se alejan de los valores deseados vuelven bruscamente a la tendencia original. También representan la puesta a punto de un centro de trabajo, detectado el proceso se debía de forma paulatina de los objetivos.



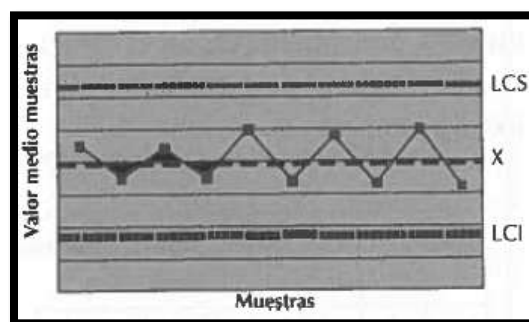
*Gráfico de control que muestra cambios repentinos.*

**CICLOS:** la detección de ciclos puede esconder la falta de concentración de los operarios en procesos manuales, estos vuelven a recuperar el objetivo antes la observación de un desplazamiento excesivo respecto al límite central de control.



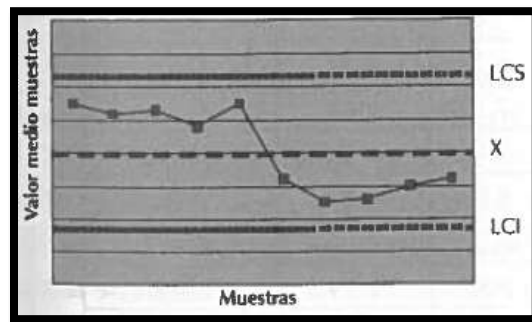
*Gráfico de control que muestra ciclos.*

**ERRÁTICO:** gráfico de control con grandes cambios en los datos recogidos (dentro de los límites de control), puede ocultar una incorrecta puesta a punto de un proceso. Es el gráfico más habitual en la fase inicial de realización de un determinado proceso, en ella se detectará la inexperiencia del operario, de la máquina o el empleo de nuevas materias primas.



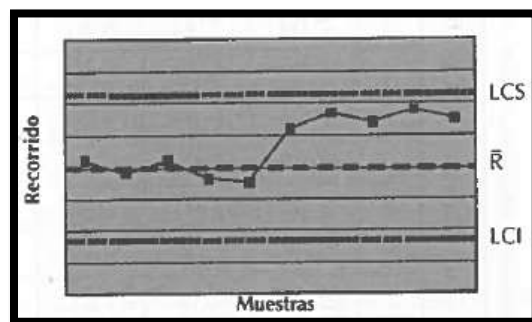
*Gráfico de control errático.*

**AGRUPACIONES:** muestran cambios en las condiciones de trabajo, a consecuencia de sustituciones realizadas en las máquinas realizadas, turnos de trabajo o sustitución de materiales.



*Gráfico de control que muestra agrupaciones.*

**CAMBIO DE RECORRIDO:** muestran la existencia de grandes variaciones en el proceso, pese a tener el control de la media. Sería el ejemplo de un proceso controlado por un experto que pasa a ser sustituido por otro menos hábil.



*Gráfico de control que muestra cambios de recorrido.*

A continuación se adjuntan las plantillas elaboradas con *Excel* para la realización de casos prácticos:

**GRÁFICO I-MR**

Completar la siguiente tabla con los datos a analizar:

ORDENACIÓN	DATOS	MR (Calculado)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

Hacer clic para ver el gráfico

**GRÁFICO P**

Completar la siguiente tabla con los datos a analizar:

NÚMERO	DEFECTOS	MUESTRA	PROPORCIÓN (Calculado)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Hacer clic para ver el gráfico

**GRÁFICO XR**

Completar la siguiente tabla con los datos de las muestras a analizar:

Subgrupo	INFORMACIÓN DATOS										Nº MUESTRA	CÁLC. LÍNEA	
	Obs 1	Obs 2	Obs 3	Obs 4	Obs 5	Obs 6	Obs 7	Obs 8	Obs 9	Obs 10		Y bar	S
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													

Hacer clic para ver el gráfico

**GRÁFICO XS**

Completar la siguiente tabla con los datos de las muestras a analizar:

Subgrupo	INFORMACIÓN DATOS										Nº MUESTRA	CÁLC. LÍNEA	
	Obs 1	Obs 2	Obs 3	Obs 4	Obs 5	Obs 6	Obs 7	Obs 8	Obs 9	Obs 10		Y bar	S
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													

Hacer clic para ver el gráfico

## **ANEXO 7**

### **Desarrollo de un caso práctico: Las 5S, mejora continua.**

## **Las 5S, significado dentro del proceso de MEJORA CONTINUA.**

Podríamos definir las 5S como un estado ideal en el que:

- Los materiales o elementos innecesarios se han eliminado.
- Todo se encuentra ordenado e identificado.
- Se han eliminado las fuentes de suciedad.
- Saltan a la vista las desviaciones o fallos.
- Todo lo anterior se mantiene y mejora continuamente.

### ***Características principales de las 5S:***

- Herramienta de la calidad aplicable a todo tipo de organización.
- Aplicable en cualquier puesto de trabajo, oficina, almacén, archivos, áreas públicas y de recepción, etc.
- Involucra al personal y fomenta su participación en los procesos de mejora.
- Busca mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza del centro de trabajo, propiciando un ambiente adecuado, agradable y seguro.
- Las 5 S's no constituyen los trabajos de limpieza que se realizan ante la visita del Consejo de Administración, políticos, clientes importantes o auditores.



## Beneficios que nos aportan las 5S

Mejorando el nivel de 5 S's se obtiene mayor productividad debido a que se reducen:

- Actividades que no agregan valor.
- Desperdicios y productos defectuosos.
- Averías.
- Accidentes.
- El nivel de inventarios.
- Movimientos y traslados inútiles.
- Tiempo para localizar herramientas y materiales.

Con **Orden y Limpieza** obtenemos un lugar de trabajo mejor, ya que conseguimos:

- Mayor espacio de trabajo y mayor bienestar.
- Más seguridad en las instalaciones.
- Orgullo personal del lugar en el que se trabaja.
- Imagen adecuada y correcta ante los clientes causando una sensación de confianza.
- Mayor cooperación, aportaciones y conocimiento.
- Mayor trabajo en equipo.
- Mayor compromiso y responsabilidad del personal.
- Mayor conocimiento del puesto.

## Planificación y organización de las 5S.

### ETAPA INICIAL

En primer lugar debemos determinar cuáles serán las áreas a implementar, las etapas y actividades programadas, la duración, los responsables y los recursos implicados

Para tal efecto, a continuación se enlistan las principales actividades:

- Seleccionar áreas a ejecutar y orden.
- Selección miembros equipo de trabajo
- Elaboración de un registro de actividades, siguiendo el orden metodológico de las 5 S's , con la correspondiente secuencia de implementación de áreas.
- Determinar responsabilidades específicas del personal de trabajo implicado.
- Capacitar a los integrantes del equipo de trabajo.
- Aplicación de las técnicas en un área piloto, en ella se terminaran de aprender y realizar cualquier tipo de ajuste.
- Implantación del programa de manera secuencial y/o simultánea en las áreas previstas y estudiadas.
- Realizar una medición y evaluación de los resultados obtenidos.
- Llevar a cabo aquellos ajustes necesarios.

## **Implementación de la 1ª S: SEITON (Selección, Clasificación)**

Debemos identificar, clasificar, separar y eliminar del puesto de trabajo todos aquellos equipos, productos, materiales y documentos innecesarios, conservando sólo los necesarios. Para ello seleccionaremos y clasificaremos los elementos, para tener las cosas en el sitio correcto.

El principal objetivo mantener cerca del puesto de trabajo los elementos necesarios, por el contrario los elementos innecesarios los retiraremos o eliminaremos del sitio.

### **METODO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA 1ª S**

- 1. Determinar los criterios de selección y las categorías para clasificar los elementos innecesarios.**
- 2. Determinar las herramientas a utilizar.**
- 3. Identificación y clasificación de los elementos innecesarios en el lugar de trabajo.**

Sitios específicos donde podríamos encontrar elementos innecesarios: repisas, pasillos, esquinas, puesto de trabajo, almacenes, bodegas, escaleras, escritorios, maquinaria, equipos...

## **Implementación de la 2ª S: SEITON (Organizar u Ordenar)**

Eliminados todos aquellos elementos innecesarios, el siguiente paso que daremos será ordenar los elementos de trabajo que se utilizaran. El principal objetivo será mantener los elementos de trabajo necesarios de una forma ordenada, claramente identificada y con accesibilidad para su uso.

### **METODO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA 2ª S**

- 1. Ordenar el área donde están o estarán los elementos necesarios.**
- 2. Determinar el lugar donde quedará reubicado cada elemento.**

FRECUENCIA DE USO	CRITERIO DE UBICACIÓN
A cada momento	Colocararlo junto a la persona
Varias veces al día	Colocararlo cerca de la persona
Varias veces a la semana	Colocararlo cerca del área de trabajo
Varias veces al mes	Colocararlo en áreas comunes
Varias veces al año	Colocararlo en bodega o archivo
Es probable que no se use	Colocararlo en archivo muerto

*Tabla con los criterios para la colocación de elementos.*

### 3. *Establecer criterios de ordenamiento*

#### 4. *Identifique los elementos. Criterios que se podrán aplicar:*

- Encontrará elementos a los que se les conoce con dos nombres diferentes, ante esto elija uno para evitar confusiones.
- Con el fin de facilitar la colocación de los elementos en el sitio adecuado, se podrá dibujar el entorno del elemento en el lugar donde se le ubicará.
- Las zonas de trabajo podrán identificarse con líneas y marcas que permitan dividir e identificar los pasillos, lugares reservados para fines específicos, zonas de maniobras, zonas de peligro, rutas de evacuación, extintores, botes de basura, etc.
- Para ordenar los elementos tome en cuenta las siguientes recomendaciones:
- Realizar estudios para el aprovechamiento de espacios.
- Colocación de letreros necesarios, visibles y entendibles.
- Ubicar herramientas y materiales en lugares limpios y en el orden en el que vayan a utilizarse.
- Protección de los elementos frente al deterioro, oxidación, golpes...

## Implementación de la 3ª S: S E I SO (Limpiar)

Se deberá limpiar los entornos de trabajo (mobiliario, equipos, máquinas y herramientas, zonas de trabajo...) implicando al personal en su responsabilidad, seiso lleva consigo también la verificación de todos aquellos elementos de trabajo durante la limpieza, con el fin de identificar problemas y fallos reales.

### MÉTODO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA 3ª S

1. **Proceso de limpieza.** Limpieza de todos aquellos elementos implicados en operaciones cotidianas
2. **Identificación de problemas y fallos reales.** Verificar la funcionalidad de cada elemento, cualquier derrame, goteo, fallo... debe ser atendido de inmediato.
3. **Determinar las causas que provocan las suciedades**
4. **Establecer un plan de acción para cada situación.** Identificadas las causas raíz de las suciedades, establecer opciones de solución con la implicación de las partes involucradas.
5. **Establecer un programa de limpieza.** El objetivo será integrar las tareas de limpieza dentro de la tarea diaria del personal de trabajo.

## IMPLEMENTACIÓN DE LA 4ª S: SEIKETSU (Bienestar personal, Estandarización)

Los dos objetivos de los que consta esta 4 etapa son el de procurar el bienestar del personal de trabajo, y en segundo lugar, conservar lo logrado en las 3 primeras S's.

### BIENESTAR PERSONAL

El elemento humano agrega valor en los procesos de fabricación, por ello, se debe mantener en todo momento la limpieza del trabajador/a mediante un adecuado uso de la ropa de trabajo, de los equipos de protección individual, así como mantener un entorno de trabajo saludable y limpio.

Por lo tanto, el bienestar es un factor crítico para lograr las acciones de mejora propuestas, si los trabajadores están mal física y/o mentalmente, será difícil mejorar el

ambiente de trabajo, por lo que las 5 S's no se alcanzarían por convicción sino por imposición.

## **ESTANDARIZACIÓN**

Se conservará lo logrado hasta este punto, en las 3 primeras S's, aplicando estándares a la práctica de estas. Podemos entender por estandarización, como la creación de un modelo consistente de realización de tareas y procedimientos.

## **MÉTODO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTANDARIZACIÓN**

Para mantener las 3 primeras S's se deberá:

1. Asignar y determinar con precisión las responsabilidades de lo que se debe hacer y cuándo, dónde y cómo hacerlo, mediante un cuadro o matriz de trabajo.
2. Mejorar e implementar continuamente los manuales de limpieza.
3. Instalar un tablón donde queden registrados los avances realizados por cada S implantada.
4. Elaborar un programa de trabajo que atienda los problemas que no hayan sido resueltos y con el fin de mejorar los métodos de limpieza.
5. Llevar a cabo una integración en el trabajo, como si de una rutina se tratase, las acciones de clasificación, orden y limpieza.

## **IMPLEMENTACIÓN DE LA 5ª S: SHITUKE (Disciplina)**

Esta última etapa es la más difícil de alcanzar, lleva consigo el establecimiento de nuevos hábitos de orden y limpieza y realizar modificaciones en aquellos que pueden afectar lo conseguido con la implantación de las 4 S's.

Esta 5ª S consiste en establecer y mantener un nuevo plan de trabajo, cumpliendo diariamente con las normas o estándares de trabajo.

Algunas de las acciones principales que deben llevarse a cabo para mantener la disciplina son las siguientes:

- Control y vigilancia sobre el cumplimiento de los estándares de trabajo.
- Crear conciencia sobre el orden y la limpieza, así como de la contribución del personal de trabajo.
- Formar al personal sobre los principios de las 5S.
- Reconocer el desempeño sobresaliente y estimular a los que todavía no lo han conseguido.
- Establecer un proceso y una serie de herramientas de seguimiento eficaz para evaluar y verificar los cumplimientos y progresos diarios.
- Realizar publicaciones con fotos del antes y el después.

## **ANEXO 8**

**Desarrollo de un caso práctico: KANBAN, mejora continua.**



## ¿Qué es el sistema KANBAN?

Es una herramienta y señal visual que nos determina la cantidad consumida, de cuánto debe de ser la parada o cuando realizar un cambio dentro de un proceso de fabricación.

En 1955, Taiichi Ohno fundamenta su tesis del sistema KANBAN concebida como: “Lo que usted necesita, solamente en la cantidad que lo necesite, cuando lo necesite y tan económicamente como pueda”.

El sistema KANBAN se fundamenta en señalar la necesidad de más partes dentro del proceso de fabricación y asegurar que estas se produzcan a tiempo con el objetivo de apoyar la fabricación o el ensamble final.

### OBJETIVO

Llevar un control de las cantidades que son producidas en cada proceso de fabricación, apoyándose para ello en los siguientes conceptos

- Nivelado de la producción.
- Reducción del tiempo de preparación.
- Distribución en planta de la maquinaria.
- Estandarización de tareas.
- Mejora de métodos
- Autocontrol.

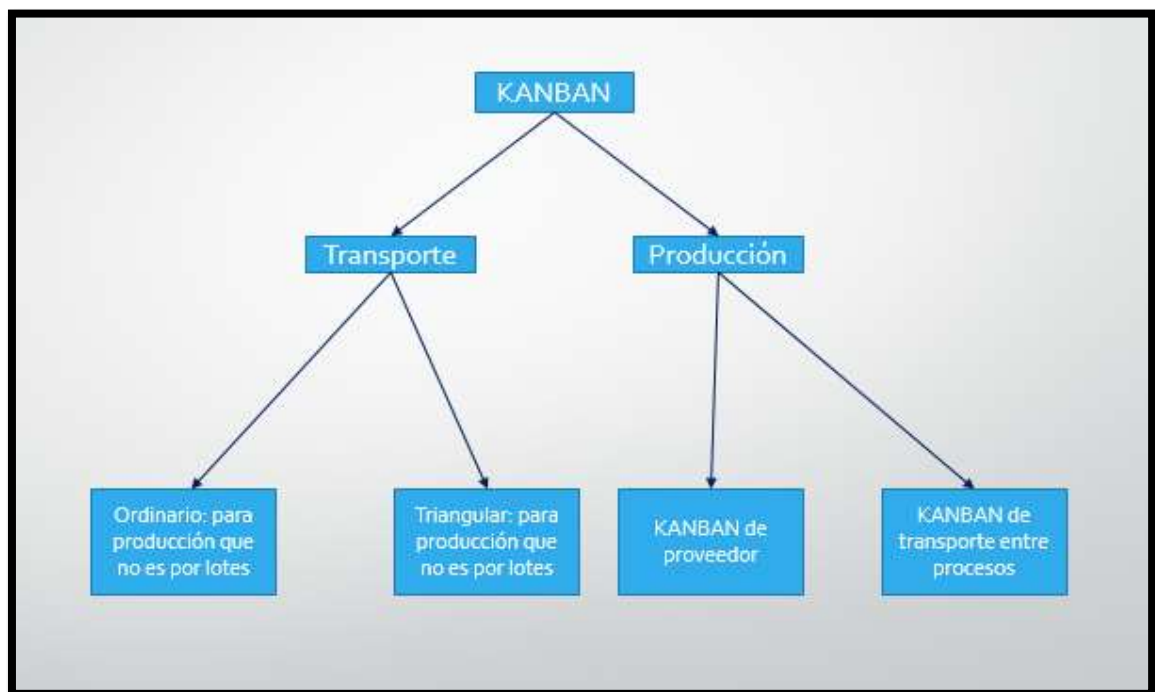
Por lo tanto, una tarjeta KANBAN es aquella autorización que permite a producción y/o el movimiento de existencias.

Mediante la utilización de dicha herramienta de la calidad se podrá llevar a cabo un control de existencias así como evidenciar todos aquellos problemas u oportunidades de cambio.

## Tipos de KANBAN

Se utilizan fundamentalmente dos tipos de KANBAN:

- **KANBAN DE TRANSPORTE:** especifica el tipo y la cantidad de producto a retirar en el proceso posterior.
- **KANBAN DE PRODUCCIÓN:** indica el tipo y la cantidad a fabricar por el proceso anterior.



*Gráfico con los diferentes tipos de KANBAN.*

A continuación se presentan una serie de normas o recomendaciones a seguir para conseguir el propósito de la utilización de la herramienta KANBAN:

## **Reglas generales para el uso del sistema KANBAN.**

### **METODOLOGÍA**

#### ***1. No efectuar envíos de producto defectuoso a los procesos posteriores***

Mediante la utilización de esta herramienta de la calidad se investigan los procesos de fabricación, por consiguiente se puede observar cuáles de estos agregan valor o no. Debemos de tener en cuenta:

- Aquellos procesos que producen productos finales defectuosos, serán descubiertos de inmediato.
- Se deberá involucrar a todo el personal de trabajo implicado en el conocimiento de dichos defectos y en consecuencia evitar que se repitan.

#### ***2. Los procesos posteriores requerirán exclusivamente de aquello que sea necesario.***

Aquellos procesos que sean continuación de otros anteriores demandaran el material necesario, en la cantidad necesaria y en el momento adecuado. Si estos procesos posteriores demandan más partes o materiales de los requeridos, o son demandados en momento que no son necesarios se generarán pérdidas considerables.

Deberán seguirse una serie de pasos que aseguran que los procesos subsecuentes no requerirán arbitrariamente del proceso anterior:

- No se debe requerir material sin una tarjeta Kanban.
- Los artículos que sean requeridos no deben exceder el número de Kanban admitidos.
- Una etiqueta de Kanban debe siempre acompañar a cada artículo.

#### ***3. Los procesos precedentes deberán producir única y exclusivamente la cantidad requerida por el proceso siguiente.***

Para poder restringir los inventarios mínimos se deberán tomar como referencia las siguientes anotaciones:

- No producir más que el número de tarjetas Kanban.
- Producir en la secuencia en la que los Kanban son recibidos.

Debido a que el proceso siguiente requerirá unidades únicas o lotes de tamaño reducido, y con el objetivo de conseguir mantener nivelada la producción, el proceso anterior deberá llevar a cabo frecuentes preparaciones de máquinas según los requerimientos asimismo frecuentes del proceso posterior.

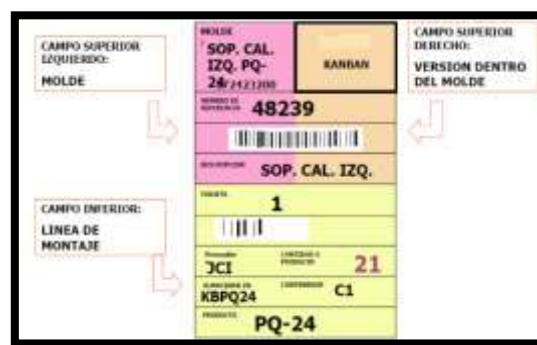
#### **4. Minimizar el número de KANBAN empleado.**

Serán los propios supervisores o jefes de los diferentes grupos de trabajo los que deleguen el número de Kanban a establecer en los diferentes procesos de fabricación.

#### **5. El KANBAN deberá emplearse para lograr la adaptación a las pequeñas fluctuaciones de la demanda.**

Las empresas que utilizan este sistema carecen de programas detallados de producción con simultaneidad a los procesos; cada proceso sólo puede conocer lo que ha de producirse cuando la orden Kanban de producción se despega de su contenedor en el almacén. Únicamente la línea final de montaje recibe una secuencia programada para la producción diaria.

Por el contrario, aquellas empresas que utilizan el sistema ordinario de control, ante modificaciones de la demanda requerirán al menos 10 días para revisar los programas y enviarlos de nuevo a la fábrica.



*Imagen de una Tarjeta Kanban.*

## **BENEFICIOS**

Algunos de los beneficios más importantes que aporta esta herramienta de calidad a un sistema de fabricación son:

- Eliminar la sobreproducción en los procesos de fabricación y posterior almacenaje.
- Aumenta la flexibilidad para responder a la demanda del cliente.
- Simplificación de procesos.
- Integración de todos los procesos y unirlos al cliente.

## **ANEXO 9**

**Desarrollo de un caso práctico: Poka Yoke, mejora continua.**

## ¿Qué es el sistema Poka Yoke?

### Poka-Yoke (A prueba de errores)

Es una herramienta de calidad cuyo sistema se enfatiza en la realización de cosas obvias, mediante la detección de errores o evitando que estos se cometan. Sus métodos son incluidos en cualquier parte o etapa del proceso productivo de cualquier empresa.

### OBJETIVO

Posibilitar la ejecución completa de un proceso o producto sin que exista la posibilidad de encontrar algún defecto.

Por lo tanto con la implementación de la herramienta Poka Yoke crearemos un sistema con el que evitaremos equivocarnos, en el cual estarán implicadas las siguientes funciones:

- **ALERTAR**
- **CORREGIR**

Dentro de estas dos funciones anteriores, encontramos 3 métodos que funcionan de la siguiente manera:

- ***Alertar debido a la existencia de errores.***
- ***Separar producto de error.***
- ***Evitar que se generen errores.***

La regla de oro del sistema Poka Yoke es: *“Al proveedor no le puedo aceptar un defecto, yo no puedo cometer un defecto y el cliente no puede recibir un defecto”.*

## Implementación Poka Yoke

### METODOLOGÍA

Se llevarán a cabo 6 pasos para poder aplicar el sistema Poka Yoke, estos se describen a continuación:

#### **1. *Identificación del defecto potencial o literal.***

En esta primera etapa se deberá descubrir el error del producto, proceso u operación que origina los defectos, teniendo preferencia aquellas áreas en las que se identifiquen un gran número de errores o aquellas en donde un solo error represente un alto costo.

Algunos de los interrogantes que debemos plantearnos en esta etapa:

- **¿Qué ocurre?**
- **¿Desde cuándo ocurre?**
- **¿Con qué frecuencia aparece?**
- **¿Qué efecto genera?**
- **¿De qué manera afecta las especificaciones del proceso/producto?**

#### **2. *Llegar a la raíz del error que origina el efecto.***

Conocer puntualmente cuál es el error y realizar una inspección en la fuente para verificar cuáles son los factores que nos están generando dicho/s error/es.

En algunas ocasiones, en esta etapa se hará uso de herramientas que ya conocemos, el “*diagrama de Ishikawa*” y el “*diagrama de Pareto*” para poder después categorizar los errores identificados, y posteriormente diseñar una priorización del error que queremos eliminar.

En esta etapa deberemos de plantearnos algunas de las siguientes cuestiones:



- **¿Dónde ocurre exactamente el error?**
- **¿Cuáles son las posibles causas?**
- **¿Cuáles son los síntomas del problema?**
- **¿Cuál es el impacto generado?**
- **¿Qué riesgo tiene?**
- **¿Cuál es su urgencia y su importancia?**
- **¿Se ha hecho algo al respecto anteriormente?**
- **¿Es una causa controlable?**

(Esta última pregunta quiere decir si el problema está en el diseño del producto y no se puede controlar en el proceso y hay que revisar el diseño.)

### ***3. Seleccionar el tipo de Poka Yoke a utilizar.***

En función de las características del error que hemos identificado en la fase anterior, aplicaremos uno o varios dispositivos o métodos. En caso haber identificado varios errores se diseñara una priorización de Poka Yoke para facilitar el método a implementar.

En esta fase deberemos de responder a algunas de las siguientes cuestiones:

- **¿El error necesita un método para solucionarse?**
- **¿Cuáles son los métodos que tenemos a nuestro alcance?**
- **¿Cuál es el costo de la inversión?**
- **¿Cuál es el tiempo de recupero de la inversión?**
- **¿Cuál es la eficacia del método?**
- **¿Qué capacitación necesita el personal?**

#### **4. Probar el Poka Yoke seleccionado.**

Seleccionado el método a utilizar debemos de disponer del espacio, el tiempo, las herramientas, etc., para poder probarlo.

Es importante el periodo de prueba y adaptación para poder valorar la eficacia de nuestra propuesta, así pues, daremos el “sí” definitivo y paralelamente elaborar un plan de capacitación para su utilización. Es de vital importancia realizar este periodo de pruebas para evitar cometer el error de que no termine de funcionar correctamente nuestro plan de mejora.

#### **5. Capacitar al personal de trabajo implicado en el proceso de fabricación.**

Es muy importante conocer todo aquello lo necesario para la utilización del método, algunos de estos tienen un diseño accesible a cualquier persona no capacitada o cualificada. Sin embargo, existen otros en los que es necesaria la presencia de personal capacitado ya que hay una relación directa entre operario y producto o proceso.

#### **6. Revisar el desempeño.**

Una vez que tenemos operando el sistema durante un periodo de tiempo determinado es importante controlar el desarrollo de la función objetiva del producto:

- **Operatividad**
- **Confiableidad**
- **Mantenimiento**

También se llevara a cabo una evaluación final en la que se deberá de corroborar su beneficio:

- **Económico**
- **Financiero**
- **Imagen Corporativa**

Para finalizar el proceso se debe volver a las dos primeras etapas para chequear el proceso en busca de otros posibles errores potenciales, y si existen, continuar con el resto de los pasos para continuar corrigiéndolos.

## **ANEXO 10**

### ***Casos prácticos resueltos.***

## QFD Caso práctico resuelto cámara fotográfica.

Evaluación competitiva del mercado (matriz izquierda) y evaluación técnica del producto y de la competencia (matriz derecha) completadas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
		capacidad batería (mAh)	cantidad de fotos por carga (fotos/carg	nitidez (1...10)	luz flash (luxes)	video (0-1)	capacidad interna (MB)	Tamaño pantalla (pulgadas)	Resolucion pantalla (ppp)	volumen (pulgadas3)	facilidad de manejo (1...10)	estetica (1...10)	ergonomia (1...10)	rapidez en hacer fotos (fps)	bluetooth (0-1)	compatibilidad con ordenador (0...10)	Tensión de rotura a tracción (Mpa)	modulo resistente (Mpa)	altura de caída (m)	ranura expansion (0-1)	funda (0-1)	Importancia para el usuario (1 a 5)		nuestro producto OLYMPUS (1 a 5)	competencia Nikon (1 a 5)	competencia Canon (1 a 5)	objetivo (1 a 5) mucho = es importante	ratio de mejora = (7/3)	argumento de venta (1, 1'2 , 1'5)	ponderación absoluta = (1/9)*(9)	pond relativa (%)	orden de importancia	
1																																	
2																																	
3	que tenga batería duradera	9	9	1	3	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	5	5	4	4	5	1	1,2	25	8,012820513	2		
4	que enfoque bien la lente	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	5	3	5	4	4	1,3333	1,5	26,66666667	8,547008547	4		
5	que tenga flash luminoso	3	3	1	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	4	4	4	1,3333	1	21,33333333	6,837606838	7		
6	que grabe video	0	0	0	0	9	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	5	4	4	1,2	64	20,51282051	1		
7	que tenga mucha memoria interna	1	1	0	0	0	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	5	5	4	2	1,5	32	10,25641026	3		
8	que tenga una pantalla led grande	3	1	0	0	0	0	9	9	3	3	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	3	4	3	5	4	1	1,5	12	3,846153846	10		
9	que sea de fácil manejo del software	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4	3	3	3	3	1	1	12	3,846153846	11		
10	que tenga dimensiones compactas	0	0	0	0	0	0	3	0	9	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	3	5	4	1	1,2	16	5,128205128	6		
11	que tenga diseño bonito	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	4	4	4	2	1,2	24	7,692307692	5		
12	que tenga forma ergonomica	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	4	4	2	1	16	5,128205128	8		
13	que haga las fotos rapido	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	3	3	5	5	4	1,3333	1	16	5,128205128	9		
14	que tenga bluetooth	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	1	1	2	0,641025641	16		
15	que sincronice bien con el ordenador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	9	0	0	0	0	0	3	3	5	3	3	1	1	9	2,884615385	13		
16	que sea resistente a golpes	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	9	9	0	3	4	2	2	3	0,75	1	6,75	2,163461538	14		
17	que tenga tarjeta para expandir la memoria	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	9	0	3	4	5	5	4	1	1,2	12	3,846153846	12		
18	que incluya funda	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0	0	0	3	3	3	0	9	2	1	1	5	3	3	1	18	5,769230769	15		
19																																	

Matriz de la QFD (Casa de la calidad / Despliegue funcional de la calidad) que relaciona QUE(S) y COMO(S).

### QFD Caso práctico resuelto cámara fotográfica.

Evaluación técnica del producto y de la competencia completada.

9	X																				
0	Orientacion deseada	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
1	Ponderación abs	116,3	106,7	96,9	94,12	192,6	112,8	67,87	50,32	122,9	75,32	109,6	75	79,81	22,44	41,35	40,63	40,63	40,63	34,62	58,41
2	Ponderación rel	7,458	6,842	6,212	6,034	12,35	7,232	4,351	3,226	7,876	4,828	7,027	4,808	5,116	1,438	2,65	2,604	2,604	2,604	2,219	3,744
3	Orden de importancia	1	2	8	5	3	7	10	13	4	11	6	12	9	16	14	17	18	19	15	20
4	Valoracion tecnica	mAh	fotos p	1 a 10	luxes	si/no	Mbytes	Pulgad	ppp	pulgad	1 a 10	1 a 10	1 a 10	fps	si/no	1 a 10	Mpa	Mpa	m	si/no	si/no
5	Nuestro producto	1150	650	7	900	0	200	2,7	200	39,3	4	5	6	3,5	0	6	60	2700	2	1	0
6	Competencia Nikon	1000	450	10	1100	0	450	2,5	220	46,25	4	6	8	3,8	0	8	40	2600	1	1	0
7	Competencia Canon	1050	400	8	1050	1	500	3	200	23,9	8	8	7	4,1	0	6	45	2200	1	1	1
8	Objetivo tecnico	1150	650	8	1050	1	450	2,7	200	40	6	6	7	4	0	6	50	2600	1	1	0
9																					

*Matriz de cálculo de los objetivos técnicos de las especificaciones requeridas por el producto. (Cámara fotográfica)*

## AMFE Caso práctico resuelto palanca de cambio de velocidades.

La empresa IBERUS, fabricante de piezas y elementos para la marca de coches HISPANIA pretende realizar un análisis modal de fallos (AMFE) para la revisión de una de las piezas que fabrican, concretamente la palanca del cambio de velocidades.

Paralelamente se pide a los Ingenieros que también realicen un AMFE de proceso para la planificación del proceso de fabricación del nuevo modelo de palanca de cambio de velocidades.

### **Material de trabajo (Moodle):**

- *Presentación Power Point → AMFE\_Cómo desarrollar un caso práctico. (ADD)*
- *Plantilla AMFE para la realización de casos prácticos → Plantilla\_AMFE. (ADD)*

### **Trabajo a realizar:**

- Realizar AMFE de revisión del producto “palanca de cambio”.
- Realizar AMFE de proceso de fabricación del nuevo modelo “palanca de cambio”
- Observaciones y sugerencias.

### **Descripción de componentes de la “palanca de cambio”:**

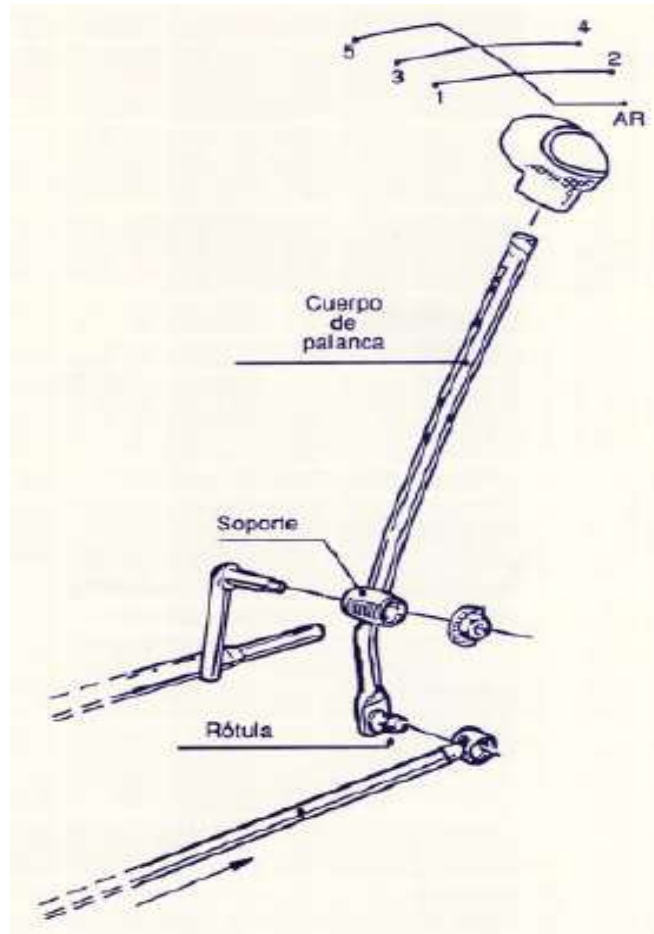
**Mecanismo:** conjunto de piezas para llevar a cabo la operación del cambio de velocidades de un vehículo de transporte.

- **Cuerpo de palanca:** elemento mediante el cual posicionamos la palanca en la velocidad de cambio que queremos seleccionar para circular con un vehículo.
- **Soporte:** elemento que ensambla el cuerpo de la palanca con una de las bielas con a las que se comunican los movimientos para realizar los cambios de marchas, gracias al movimiento articulado de la rótula.
- **Rótula:** elemento que permite la articulación en los tres ejes de la palanca de marchas, para realizar los cambios de velocidades.

El montaje de la palanca de cambios incluye un **punto de soldadura**, realizado entre la **palanca** y el **soporte**. Su función como la de todos los elementos de la pieza es posibilitar los movimientos necesarios para realizar el cambio de velocidades.

A continuación se adjunta un esquema del montaje:

**AMFE Caso práctico resuelto palanca de cambio de velocidades.**



**Descripción del proceso de fabricación del “mando de velocidades”:**

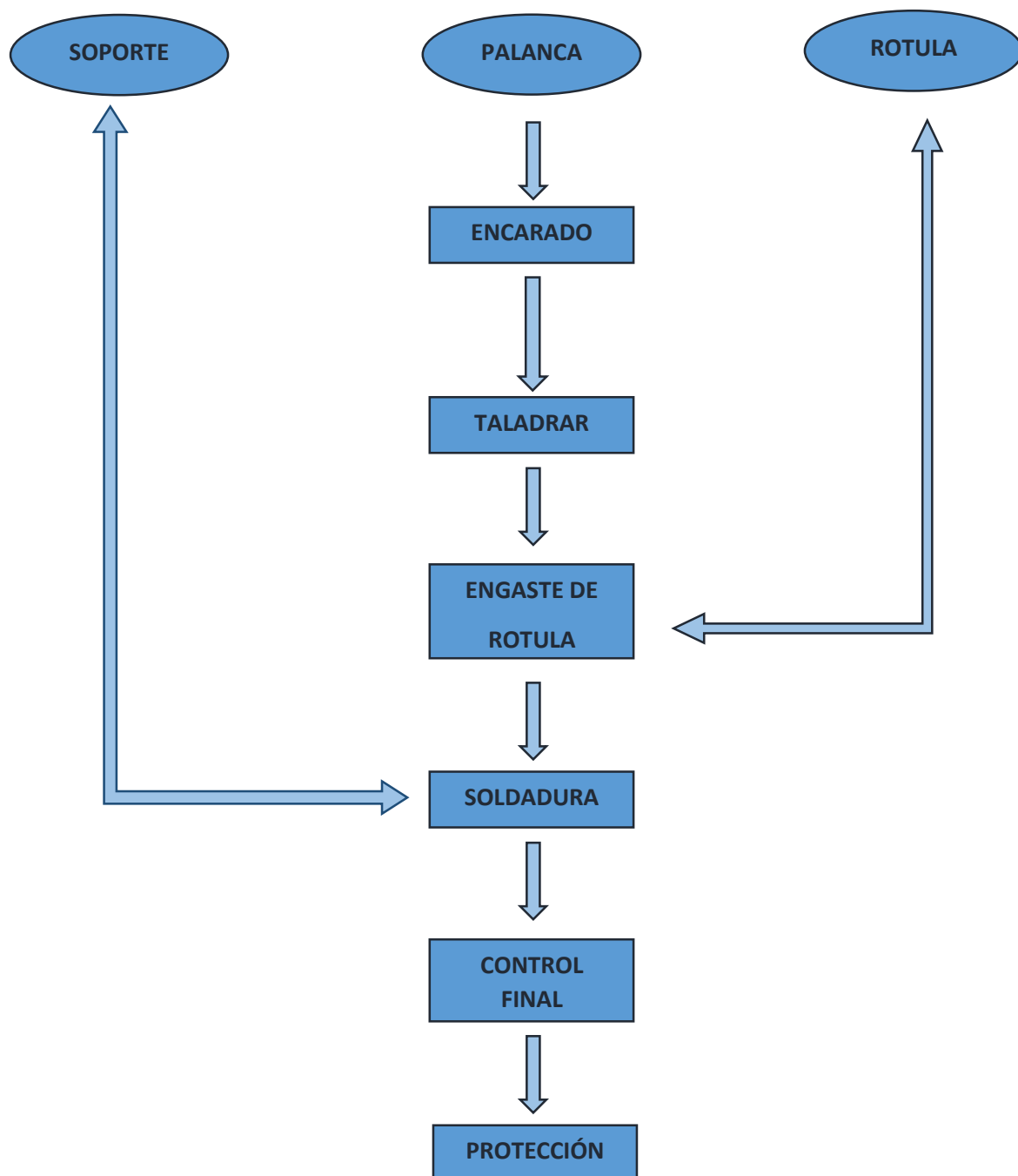
- **Encarado:** el proceso de fabricación comienza con el debido alineamiento de las piezas a unir mediante la realización del montaje. Siendo fundamental un correcto encarado entre la rótula y el cuerpo de la palanca, evitando holguras.
- **Taladrado:** posteriormente se realiza una operación de taladrado con el fin de poder unir adecuadamente la rótula y el cuerpo de palanca, evitando como en el caso anterior las posibles holguras, que posteriormente podrían manifestarse en forma de ruido.
- **Engaste de rótula:** una vez realizado mediante la operación de taladrado el orificio, se debe ejecutar la unión de la rótula con el cuerpo de la palanca, siendo alojada en el agujero taladrado.
- **Soldadura:** consiste en una soldadura por puntos que se ejecuta para poder colocar el soporte sobre el que se aloja parte del cuerpo de la palanca.



**AMFE Caso práctico resuelto palanca de cambio de velocidades.**



- **Protección:** operación final del proceso de fabricación mediante la cual se trata de salvaguardar los elementos del mecanismo, garantizando su durabilidad y resistencia a cualquier tipo de intemperie.

El esquema del proceso de fabricación de la “palanca de velocidades” y sobre el cual se quiere realizar el AMFE es el siguiente:



# AMFE Caso práctico resuelto palanca de cambio de velocidades.

Resolución AMFE Proceso:

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS																		Nº HOJA		REVIS. Nº		FECHA		POR	
<div><div></div><div><div>DE PROCESO:</div><div>DE DISEÑO:</div></div></div> <div>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</div>																									
PROCESO: Fabricación de Palanca de Velocidades								PRODUCTO:						RESPONSABLE:											
ESPECIFICACIÓN:								OPERACIÓN:						FECHA:											
FECHA DE EDICIÓN:								ACTUAR SOBRE NPR MAYORES QUE:						REVISADO:											
NOMBRE DE PRODUCTO		OPERACIÓN O FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFECTOS DEL FALLO		G		CAUSAS DEL FALLO		O	CONTROLES ACTUALES		D	NPR	ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE	ACCIONES IMPLANTADAS	VALORACIÓN			NPR				
1		2	3	4		5	6	7		8	9		10	11	12	13	14	15	16	17	18				
Encarado		Posibilitar montaje	Alineación indebida montaje	Holgura rótula/cuerpo de palanca y ruido		8		Falta de planicidad en el útil empleado		3	Ninguno		10	240	Control frecuente del útil	José Alvarez	Verificación de alineación OK	1	3	6	18				
Taladrar		Posibilitar montaje	Diametro pequeño	No entra la rótula		9		Herramienta defectuosa		3	Montaje de la articulación		1	27											
			Alineación incorrecta del taladro	Holgura en articulación y ruido		8		Uillaje mal ajustado		10	Ninguno		10	800	Poner marca de reconocimiento sobre la herramienta de apriete	José Alvarez	Aprietes de alineación OK y eliminación de holgura.	2	6	8	96				




**AMFE Caso práctico resuelto palanca de cambio de velocidades.**

Resolución AMFE Proceso:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
26																			
27		Engaste de	Posibilitar montaje	Fuerza de montaje	Holgura	8		Reguladores	5	Ninguno	10	400	Controles	Evaristo Vara	Reguladores	3	3	8	72
28		Rótula		insuficiente	rótula/cuerpo de			desajustados					frecuentes de		con mayor				
29					palanca y ruido								fuerzas		precisión				
30																			
31																			
32				Fuerza de montaje	Rotura de la cola	9		Reguladores	5	Ninguno	10	450	Controles	Evaristo Vara	Reguladores	3	3	8	72
33				excesiva	de la rótula			desajustados					frecuentes de		con mayor				
34													fuerzas		precisión				
35																			
36																			
37		Soldadura	Acoplamiento	Rotura de la	Imposibilidad de	9		Distancia	7	Ninguno	10	630	Controles	Juan Moreo	Sustitución	2	5	8	80
38			soporte en cuerpo	soldadura	continuar con el			palanca/ soporte					frecuentes de		material de				
39			de palanca		montaje			> 1 mm (mayor)					resistencia		soldadura				
40																			
41				Existencia de	Dureza del	6		Regulación	10	Visual 100%	3	180	Diseñar útil de	Alberto Romero	Soldadura con	1	6	8	48
42				gotas de	mando de			incorrecta de la					protección		mayor				
43				soldadura en la	velocidades			soldadura							uniformidad				
44				curva lateral															
45																			
46																			
47		Protección	Salvaguardar contra	Ausencia de	Corrosión	4		Pieza sucia	1	Visual en	2	8							
48			intemperie	protección						montaje									
49																			

**AMFE Caso práctico resuelto palanca de cambio de velocidades.**

Resolución AMFE Producto:

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
2	<div><div></div><div><b>ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS</b></div><div></div><div>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</div></div>											Nº HOJA 1	REVIS. Nº	FECHA 06/07/2014	POR				
3																			
4	<b>DE PROCESO:</b>				<b>DE PRODUCTO:</b> 														
5	PROCESO:				PRODUCTO: Palanca mando de velocidades							RESPONSABLE: Sr. Fernandez							
6	ESPECIFICACIÓN:				OPERACIÓN:							FECHA: 06/07/2014							
7	FECHA DE EDICIÓN:				ACTUAR SOBRE NPR MAYORES QUE:							REVISADO:							
8	NOMBRE DE	OPERACIÓN	MODO DE FALLO	EFFECTOS DEL	G		CAUSAS DEL	O	CONTROLES	D	NPR	ACCIÓN	RESPONSABLE	ACCIONES	VALORACIÓN			NPR	
9	PRODUCTO	O FUNCIÓN		FALLO			FALLO		ACTUALES			CORRECTORA		IMPLANTADAS	G	O	D		
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
11	Cuerpo de palanca	Posibilitar cambio de velocidad	Rotura de la palanca	Imposibilidad de realizar el cambio de marchas	9		Sección excesivamente débil	10	Cálculo	10	9			Mejora y control del sistema de sujeción de soldadura	3	5	6	90	
12																			
13																			
14	Rótula	Posibilitar cambio de velocidad	Rotura de la rótula	Imposibilidad de realizar el cambio de marchas	9		Falta de especificación de resistencia	10	Ninguno	10	900	Especificación de resistencia	José Manzano	Nuevo control de resistencia y materiales	3	6	4	72	
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			

**AMFE Caso práctico resuelto palanca de cambio de velocidades.**

Resolución AMFE Producto:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
24				Vibración	Insatisfacción del cliente y ruido	10		Holgura entre rótula y palanca	8	Ninguno	10	800	¡A establecerse!		Incorporación sistema anti-vibraciones	5	6	3	90
25																			
26																			
27																			
28																			
29		Punto de soldadura palanca y soporte	Posibilitar cambio de velocidad	Rotura de la soldadura	Imposibilidad de realizar el cambio de marchas	9		Grosos incompatible de los tubos	10	Ninguno	10	900	Ensayos	Fernando López	Soldadura con mayor uniformidad	1	6	8	48
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			
36		Soporte	Posibilitar cambio de velocidad	Notable holgura del eje	Falta de precisión en el cambio y ruido	8		Cotas adecuadas	5	Cadena de cota (a realizar)	10	400	¡A establecer!		Verificación de alineación y cotas	3	3	6	54
37																			
38																			
39																			
40																			
41				Holgura del eje insuficiente	Dureza del cambio	8		Cotas del eje no adecuadas	5	Ninguno	10	400	¡A establecer!		Verificación de alineación y cotas	3	3	6	54
42																			
43																			
44				Gripaje del soporte	Imposibilidad de realizar el cambio de marchas	8		Falta de lubricación	10	Ninguno	10	800	Especificar tipo y calidad	Manuel Alar	Control de resistencia/fatiga	8	5	2	80
45																			
46																			
47																			

[illegible]

## ÁRBOL DE FALLOS Caso práctico resuelto línea de embotellado.

El siguiente caso de estudio corresponde a una línea de embotellado de frascos de alcohol de la empresa IBERUS. Dicha línea de embotellado funciona del siguiente modo: la botella se desplaza automáticamente hasta la zona de llenado, en donde es detectada por un sensor, se detiene y es llenada por un sistema que mide el caudal que se vierte en la botella. Finalizado el proceso de llenado, la botella se desplaza hacia la siguiente etapa del proceso y una nueva botella vacía llega a la posición de llenado.

Debido a que el alcohol es un líquido inflamable, la máquina de llenado va provista de un sistema de ventilación que impide que se concentre el vapor de alcohol en caso de que este se derrame por fallo del sistema.

El tiempo que tarda el ventilador desde que se presenta la causa hasta que se provoca un modo de fallos por el uso, es de cuatro meses. El caudalímetro y el actuador presentan una periodicidad de deterioro por el uso, de ocho meses desde que aparece la causa. El programa de mantenimiento prevé su revisión todos los años. Los fallos de fabricación o calibrado son un 20% de los casos de fallos.

Para el departamento de calidad de IBERUS es fundamental, como consecuencia de la alta inflamabilidad que posee el alcohol, identificar detalladamente las probabilidades de fallo de los componentes de la línea de producción, así como el riesgo de incendio existente en la instalación.

### 1. Descripción de la instalación

Como ya hemos dicho, el caso de estudio se corresponde con una línea de embotellado cuyo esquema se muestra a continuación (Figura 1). Consideraremos que la instalación eléctrica de todo el sistema es antideflagrante, con el fin de evitar que se produzcan chispas.

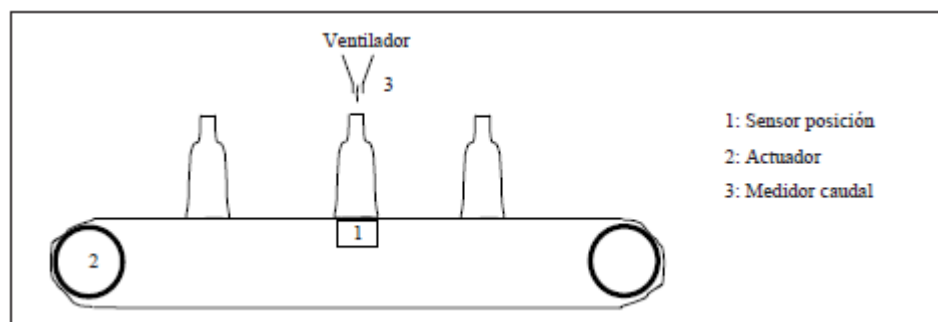


Figura 1. Esquema línea de embotellado.

La máquina carece en el diseño de un sistema de eliminación de electricidad estática. Será necesario que la concentración de vapores inflamables del alcohol supere el límite inferior de inflamabilidad (LII) para que se produzca un incendio, además, será necesaria también la presencia de un punto de ignición.

### ÁRBOL DE FALLOS Caso práctico resuelto línea de embotellado.

Las tasas de fallo que se muestran a continuación han sido obtenidas de la base de datos de IBERUS, la tabla que se adjunta a continuación recoge los datos de fallo de los sucesos básicos considerados:

SUCESO BÁSICO	Tasa de fallo
Fallo mecánico del ventilador de tipo axial	22,8431 en 1.000.000 horas
Fallo suministro eléctrico del ventilador	5,7078 en 1.000.000 horas
Fallo del medidor de caudal	24,7850 en 1.000.000 horas
Fallo del sensor de posición	67,2592 en 1.000.000 horas
Fallo del actuador que pone en marcha y detiene la botella	97,402 en 1.000.000 horas
Chispa producida por electricidad estática	$2 \times 10^{-5}$
Fallo instalación eléctrica antideflagrante	$4 \times 10^{-5}$
Rotura accidental del frasco	$5 \times 10^{-5}$

**Tabla 1. Tasas de fallo de los componentes seleccionados.**

### 2. Definición del objetivo y alcance

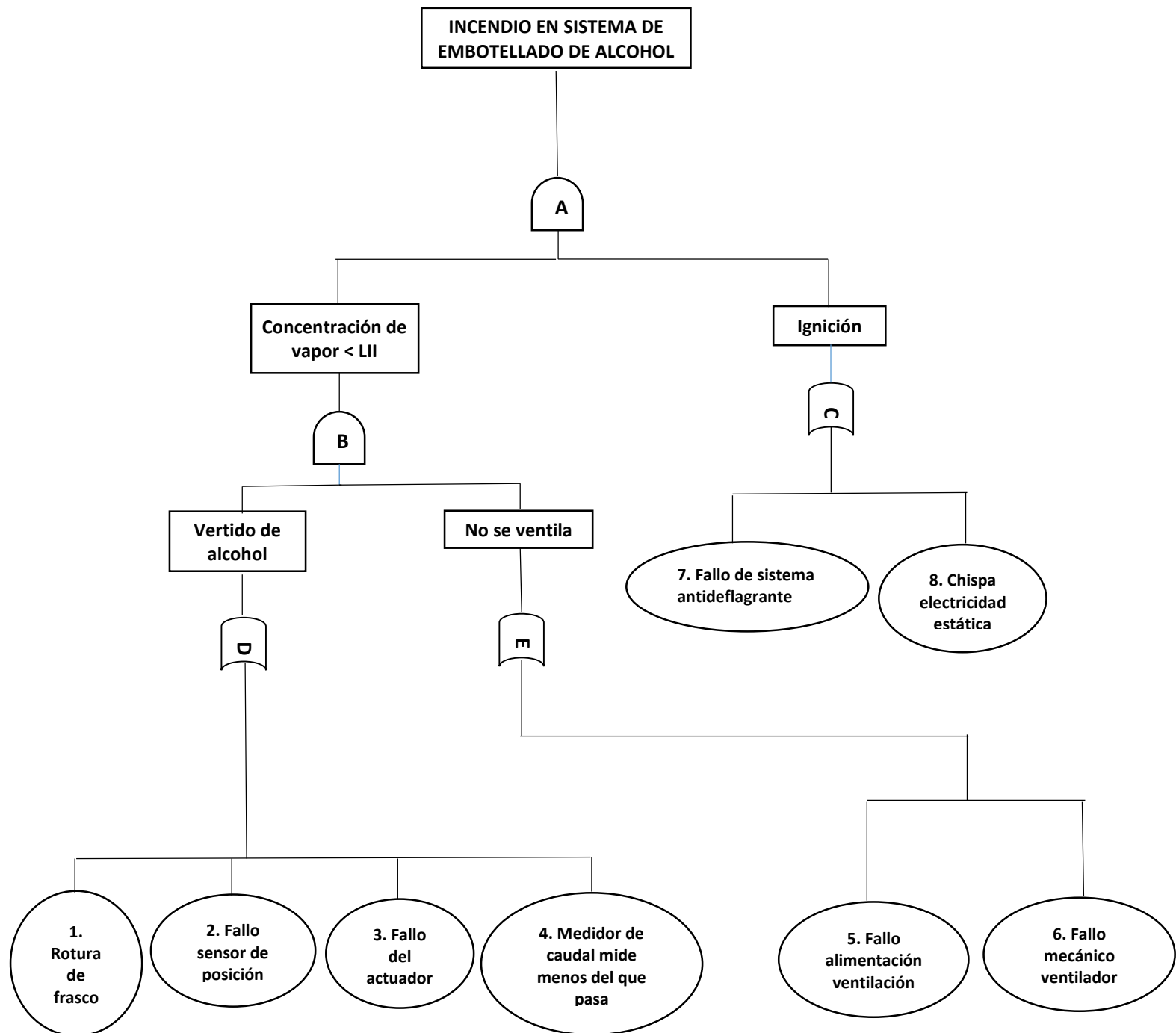
El departamento de calidad de la empresa IBERUS quiere analizar el riesgo de que se produzca un incendio en una de sus líneas de embotellado de frascos de alcohol, para ello se estudiara y mejorara la instalación de dicha línea hasta lograr una reducción significativa de la probabilidad de ocurrencia de incendio.

### 3. Definición del árbol de fallos para el suceso no deseado.

En primer lugar se desarrolla el árbol de fallos para el suceso top «incendio en sistema de embotellado de alcohol», que se muestra en la siguiente figura.



**ÁRBOL DE FALLOS** Caso práctico resuelto línea de embotellado.



*Árbol de fallos de la línea de embotellado.*

#### ÁRBOL DE FALLOS Caso práctico resuelto línea de embotellado.

Será necesario que la concentración de vapor supere el límite inferior de inferioridad (LII) y que haya un punto de ignición.

El punto de ignición podrá producirse a consecuencia de un fallo en el sistema antideflagrante o por una chispa provocada a causa de la electricidad estática.

Para que la concentración de vapor supere el LII es necesario que se produzca un vertido de alcohol y que, al mismo tiempo, no haya ventilación.

La falta de ventilación puede ser debida a consecuencia de un fallo de alimentación eléctrica al ventilador o por fallo mecánico del ventilador.

El vertido de alcohol puede deberse a la rotura accidental del frasco, fallo del sensor de posición, fallo del actuador o bien porque el medidor de caudal mide menos del que realmente pasa, por lo que llegara un momento en que el alcohol rebose del recipiente.

#### 4. Ecuación booleana, la ecuación reducida y los conjuntos mínimos de fallo

$$Top = A = B \wedge C = (D \wedge E) \wedge C = [(1 \vee 2 \vee 3 \vee 4) \wedge (5 \vee 6)] \wedge (7 \vee 8)$$

$\wedge$  indica «y».

$\vee$  indica «o».

Si aplicamos las leyes del álgebra de Boole sería:

$$\begin{aligned} Top = & (1 \wedge 5 \wedge 7) \vee (1 \wedge 5 \wedge 8) \vee (1 \wedge 6 \wedge 7) \vee (1 \wedge 6 \wedge 8) \vee (2 \wedge 5 \wedge 7) \\ & \vee (2 \wedge 5 \wedge 8) \vee (2 \wedge 6 \wedge 7) \vee (2 \wedge 6 \wedge 8) \vee (3 \wedge 5 \wedge 7) \vee (3 \wedge 5 \wedge 8) \vee (3 \wedge 6 \wedge 7) \vee \\ & (1 \wedge 6 \wedge 8) \vee (4 \wedge 5 \wedge 7) \vee (4 \wedge 5 \wedge 8) \vee (4 \wedge 6 \wedge 7) \vee (4 \wedge 6 \wedge 8) \end{aligned}$$

Los conjuntos mínimos de fallo para el suceso *top* analizado son:

{1, 5, 7} {1, 5, 8} {1, 6, 7} {1, 6, 8} {2, 5, 7} {2, 5, 8} {2, 6, 7} {2, 6, 8}  
{3, 5, 7} {3, 5, 8} {3, 6, 7} {3, 6, 8} {4, 5, 7} {4, 5, 8} {4, 6, 7} {4, 6, 8}

ÁRBOL DE FALLOS Caso práctico resuelto línea de embotellado.

### 5. Análisis del árbol. Análisis cualitativo de la importancia

Suceso básico	Veces que aparece un CMC de orden (N) (I,II,III o IV)			Importancia total N x (1/orden)
	I	II	III	
1	0	0	4	1.33
2	0	0	4	1.33
3	0	0	4	1.33
4	0	0	4	1.33
5	0	0	4	1.33
6	0	0	4	1.33
7	0	0	4	1.33
8	0	0	4	1.33

**Tabla 2. Análisis cualitativo de la importancia de los sucesos básicos**

A la vista de los resultados obtenidos, no podemos sacar ninguna conclusión ya que todas tienen la misma importancia desde un punto de vista cualitativo.

### 6. Análisis cuantitativo, cálculo de la probabilidad del suceso top

Para llevar al cabo el cálculo de la probabilidad del *suceso top*, se debe calcular en primer lugar la probabilidad de los sucesos básicos del árbol, utilizando los datos de los que partimos:

P1 → $5 \times 10^{-5}$	P5 → $6,8834 \times 10^{-6}$
P2 → $65,2592 \times 10^{-6}$	P6 → $22,8431 \times 10^{-6}$
P3 → $97,402 \times 10^{-6}$	P7 → $4 \times 10^{-5}$
P4 → $12,3295 \times 10^{-6} *$	P8 → $2 \times 10^{-5}$

**Tabla 3. Probabilidad de los sucesos básicos**

\*(La mitad de los fallos del medidor de caudal es por medir menos del que pasa  $24,7850 \cdot 10^{-6}/2$ )

Calculadas las probabilidades de los diferentes sucesos básicos, a continuación obtendremos la probabilidad de los CMC y seguidamente la del suceso top.

Para calcular la probabilidad de los conjuntos mínimos de fallos, lo calcularemos como el producto de cada suceso básico que compone el CMC, calculadas anteriormente.

### ÁRBOL DE FALLOS Caso práctico resuelto línea de embotellado.

CMC	PROBABILIDAD
{1, 5, 7}	P1XP5XP7 1,14 · 10 <sup>-14</sup>
{1, 5, 8}	P1XP5XP8 5,71 · 10 <sup>-15</sup>
{1, 6, 7}	P1XP6XP7 4,57 · 10 <sup>-14</sup>
{1, 6, 8}	P1XP6XP8 2,28 · 10 <sup>-14</sup>
{2, 5, 7}	P2XP5XP7 1,54 · 10 <sup>-14</sup>
{2, 5, 8}	P2XP5XP8 7,68 · 10 <sup>-15</sup>
{2, 6, 7}	P2XP6XP7 6,15 · 10 <sup>-14</sup>
{2, 6, 8}	P2XP6XP8 3,07 · 10 <sup>-14</sup>
{3, 5, 7}	P3XP5XP7 2,22 · 10 <sup>-14</sup>
{3, 5, 8}	P3XP5XP8 1,11 · 10 <sup>-14</sup>
{3, 6, 7}	P3XP6XP7 8,90 · 10 <sup>-14</sup>
{3, 6, 8}	P3XP6XP8 4,45 · 10 <sup>-14</sup>
{4, 5, 7}	P4XP5XP7 2,83 · 10 <sup>-15</sup>
{4, 5, 8}	P4XP5XP8 1,41 · 10 <sup>-15</sup>
{4, 6, 7}	P4XP6XP7 1,13 · 10 <sup>-14</sup>
{4, 6, 8}	P4XP6XP8 5,66 · 10 <sup>-15</sup>

Tabla 4. Probabilidad de los conjuntos mínimos de corte.

Para calcular la probabilidad de los CMC emplearemos la siguiente ecuación, donde  $i$  representa el conjunto mínimo de corte o fallo:

$$P(top) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P(CMC)_i).$$

En este caso  $P(top) = 3,89022 \cdot 10^{-13}$

De todos los conjuntos mínimos de fallos aquel formado por los sucesos 3,6 y 7 posee la mayor probabilidad, por lo tanto las medidas correctoras deberían orientarse hacia aquel concurso, el resto de CMC tienen cifras del mismo orden por lo que también serían susceptibles de mejorarse.

En el siguiente apartado se realiza un análisis cuantitativo de importancia, con el fin de obtener más indicios de cómo mejorar el sistema.

## ÁRBOL DE FALLOS Caso práctico resuelto línea de embotellado.

### 7. Análisis del árbol. Análisis cuantitativo de la importancia

CMC	PROBABILIDAD		
{1, 5, 7} 1	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00004	$2,28312 \cdot 10^{-10}$
{1, 5, 8} 1	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00002	$1,14156 \cdot 10^{-10}$
{1, 6, 7} 1	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00004	$9,13724 \cdot 10^{-10}$
{1, 6, 8} 1	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00002	$4,56862 \cdot 10^{-10}$
{2, 5, 7} $6,72592 \cdot 10^{-5}$	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00004	$1,53561 \cdot 10^{-14}$
{2, 5, 8} $6,72592 \cdot 10^{-5}$	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00002	$7,67804 \cdot 10^{-11}$
{2, 6, 7} $6,72592 \cdot 10^{-5}$	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00004	$6,14563 \cdot 10^{-14}$
{2, 6, 8} $6,72592 \cdot 10^{-5}$	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00002	$3,07282 \cdot 10^{-11}$
{3, 5, 7} 0,000097402	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00004	$2,2238 \cdot 10^{-14}$
{3, 5, 8} 0,000097402	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00002	$1,1119 \cdot 10^{-14}$
{3, 6, 7} 0,000097402	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00004	$8,89985 \cdot 10^{-14}$
{3, 6, 8} 0,000097402	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00002	$4,44993 \cdot 10^{-14}$
{4, 5, 7} $1,23925 \cdot 10^{-5}$	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00004	$2,82936 \cdot 10^{-15}$
{4, 5, 8} $1,23925 \cdot 10^{-5}$	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00002	$1,41468 \cdot 10^{-15}$
{4, 6, 7} $1,23925 \cdot 10^{-5}$	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00004	$1,13233 \cdot 10^{-14}$
{4, 6, 8} $1,23925 \cdot 10^{-5}$	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00002	$5,66166 \cdot 10^{-15}$
P (top) = $1,713 \cdot 10^{-9}$			
RAW 1 $4,404 \cdot 10^3$			

Tabla 5. Ejemplo de cálculo de RAW I

## ÁRBOL DE FALLOS Caso práctico resuelto línea de embotellado.

En la tabla que se adjunta a continuación, se resumen los índices RAW:

CMC	P (top, Psuceso = 1)	RAW
1	$1,713 \cdot 10^{-9}$	$4,404 \cdot 10^3$
2	$1,713 \cdot 10^{-9}$	$4,404 \cdot 10^3$
3	$1,713 \cdot 10^{-9}$	$4,404 \cdot 10^3$
4	$1,713 \cdot 10^{-9}$	$4,404 \cdot 10^3$
5	$1,362 \cdot 10^{-8}$	$3,502 \cdot 10^4$
6	$1,362 \cdot 10^{-8}$	$3,502 \cdot 10^4$
7	$6,483 \cdot 10^{-9}$	$1,666 \cdot 10^4$
8	$6,483 \cdot 10^{-9}$	$1,666 \cdot 10^4$

Tabla 6. Ejemplo de cálculo de RAW 1

### ÁRBOL DE FALLOS Caso práctico resuelto línea de embotellado.

En relación a la Tabla 6, podemos decir que la degradación del sistema es más alta si se producen los sucesos básicos 5 y 6, seguidos del 7 y 8.

CMC			PROBABILIDAD	
{1, 5, 7}	0	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00004	0
{1, 5, 8}	0	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00002	0
{1, 6, 7}	0	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00004	0
{1, 6, 8}	0	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00002	0
{2, 5, 7}	$6,72592 \cdot 10^{-5}$	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00004	$1,53561 \cdot 10^{-14}$
{2, 5, 8}	$6,72592 \cdot 10^{-5}$	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00002	$7,67804 \cdot 10^{-15}$
{2, 6, 7}	$6,72592 \cdot 10^{-5}$	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00004	$6,14563 \cdot 10^{-14}$
{2, 6, 8}	$6,72592 \cdot 10^{-5}$	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00002	$3,07282 \cdot 10^{-14}$
{3, 5, 7}	0,000097402	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00004	$2,2238 \cdot 10^{-14}$
{3, 5, 8}	0,000097402	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00002	$1,1119 \cdot 10^{-14}$
{3, 6, 7}	0,000097402	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00004	$8,89985 \cdot 10^{-14}$
{3, 6, 8}	0,000097402	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00002	$4,44993 \cdot 10^{-14}$
{4, 5, 7}	$1,23925 \cdot 10^{-5}$	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00004	$2,82936 \cdot 10^{-15}$
{4, 5, 8}	$1,23925 \cdot 10^{-5}$	$5,7078 \cdot 10^{-6}$	0,00002	$1,41468 \cdot 10^{-15}$
{4, 6, 7}	$1,23925 \cdot 10^{-5}$	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00004	$1,13233 \cdot 10^{-14}$
{4, 6, 8}	$1,23925 \cdot 10^{-5}$	$2,28431 \cdot 10^{-5}$	0,00002	$5,66166 \cdot 10^{-15}$
$P(\text{top}) = 3,033 \cdot 10^{-13}$ RAW 1 1,283				

**Tabla 6. Ejemplo de cálculo de RAW I**

### ÁRBOL DE FALLOS Caso práctico resuelto línea de embotellado.

Los índices RRW se resumen en la siguiente tabla:

Suceso con $P = 0$	$P$ (top, $P_{\text{suceso}} = 0$ )	RRW	Suceso con $P = 0$	$P$ (top, $P_{\text{suceso}} = 0$ )	RAW
1	$3,033 \cdot 10^{-13}$	1,283	5	$3,114 \cdot 10^{-13}$	1,249
2	$2,738 \cdot 10^{-13}$	1,421	6	$7,760 \cdot 10^{-14}$	5,013
3	$2,222 \cdot 10^{-13}$	1,751	7	$1,297 \cdot 10^{-13}$	3,000
4	$3,678 \cdot 10^{-13}$	1,058	8	$2,593 \cdot 10^{-13}$	1,500

Tabla 7. Valor de los RRW

El mayor descenso del riesgo se produce con la reducción del fallo del suceso 6.

### 8. Propuesta de medidas correctoras

Realizados los análisis anteriores, podemos decir que uno de los sucesos que mayor influencia tienen en el riesgo de que se produzca un incendio es el **fallo del ventilador**.

Las principales medidas que se ha estudiado implantar desde el departamento de calidad de IBERUS son:

- Sistema de ventilación doble**, de esta manera deberían de fallar los dos ventiladores para que se produjese el fallo que implica elevado riesgo de incendio.
- Colocación de un **grupo electrógeno**, con lo cual sería necesario un fallo por parte del suministro y del grupo electrógeno para que tuviese lugar el fallo por ventilación.
- Colocar un **sensor de nivel de llenado de la botella**, para que se derrame el alcohol será necesario debe de producirse fallo tanto en el caudalímetro como en el sensor de nivel.

Finalmente el departamento de calidad decide llevar a cabo la implantación de las medidas a y c. La primera medida mejora directamente el sistema de ventilación, mientras que en el caso de la segunda mejora se reduce la probabilidad de perder el control del sistema de llenado. Conjuntamente las dos medidas aumentan la complejidad y el coste del sistema, es evidente que la implantación final se justificará en función de cuanto se vea reducida la probabilidad de que haya un incendio.

ÁRBOL DE FALLOS Caso práctico resuelto línea de embotellado.

### 9. Esquema de la instalación mejorada

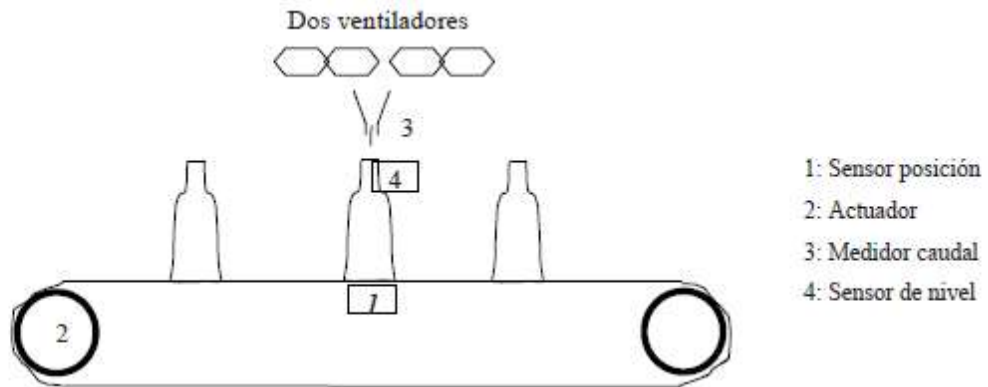
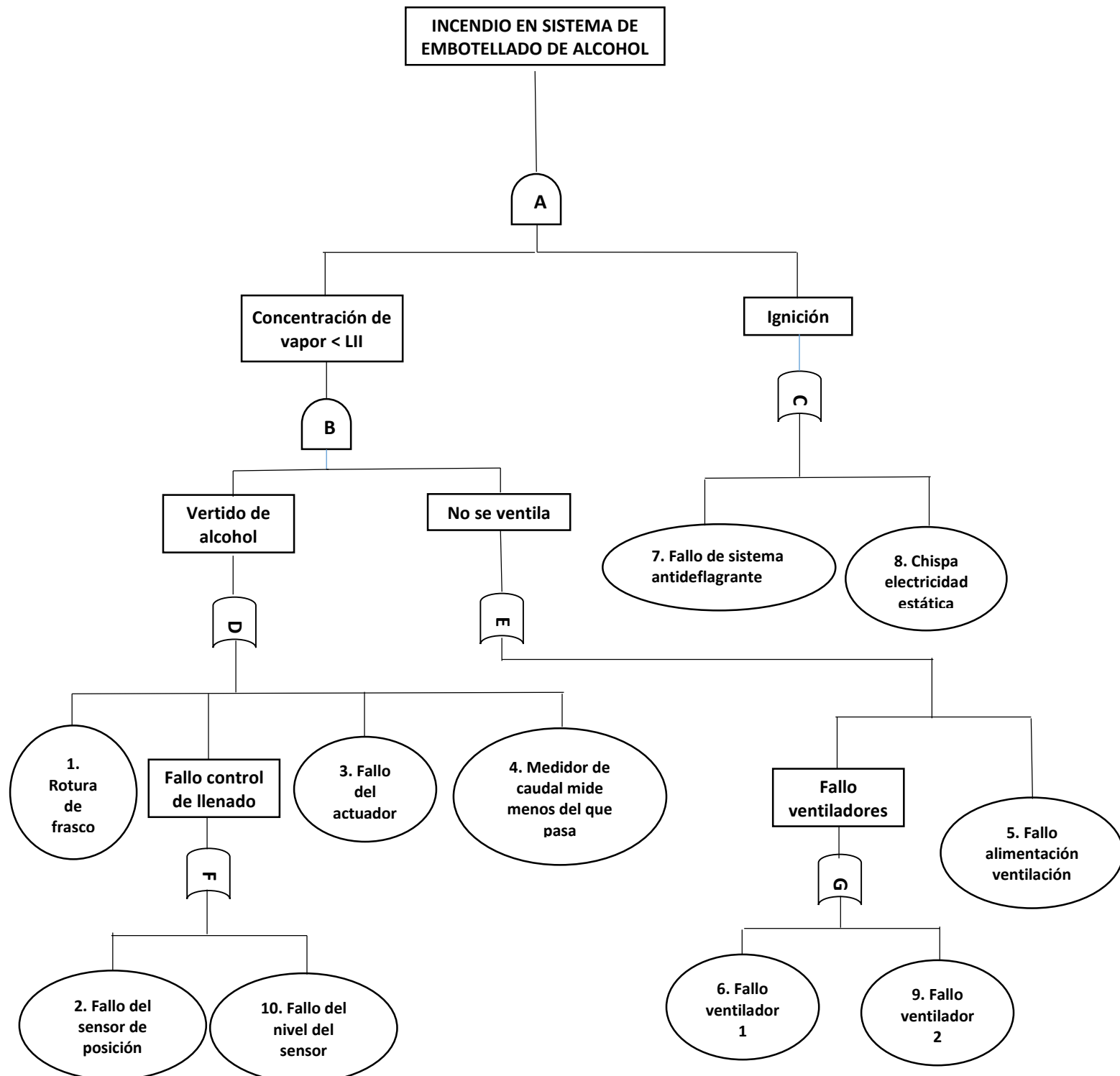


Figura 2. Esquema línea de embotellado mejorada.



ÁRBOL DE FALLOS Caso práctico resuelto línea de embotellado.

**10. Definición del nuevo árbol de la instalación y cálculo de la disminución de la probabilidad del suceso no deseado.**



Árbol de fallos de la línea de embotellado mejorado.

### ÁRBOL DE FALLOS Caso práctico resuelto línea de embotellado.

A continuación se analizara la probabilidad que obtenemos con la implantación de mejoras del suceso top, para ello será necesario conocer la tasa de fallos del sensor de nivel en el nuevo sistema, esta es de 2,6 en 106 horas.

La ecuación booleana del nuevo sistema es:

$$Top = B \wedge C = (D \wedge E) \wedge C = [(1 \vee F \vee 3 \vee 4) \wedge (G \vee 5)] \wedge [7 \vee 8] = [(1 \wedge (2 \vee 10) \wedge 3 \wedge 4) \wedge ((6 \vee 9) \wedge 5)] \wedge [7 \vee 8]$$

La ecuación reducida es:

$$Top = (1 \wedge 6 \wedge 9 \wedge 7) \vee (1 \wedge 6 \wedge 9 \wedge 8) \vee (1 \wedge 5 \wedge 7) \vee (1 \wedge 5 \wedge 8) \vee (2 \wedge 10 \wedge 6 \wedge 9 \wedge 7) \vee (2 \wedge 10 \wedge 6 \wedge 9 \wedge 8) \vee (2 \wedge 10 \wedge 5 \wedge 7) \vee (2 \wedge 10 \wedge 5 \wedge 8) \vee (3 \wedge 6 \wedge 9 \wedge 7) \vee (3 \wedge 6 \wedge 9 \wedge 8) \vee (3 \wedge 5 \wedge 7) \vee (3 \wedge 5 \wedge 8) \vee (4 \wedge 6 \wedge 9 \wedge 7) \vee (4 \wedge 6 \wedge 9 \wedge 8) \vee (4 \wedge 5 \wedge 7) \vee (4 \wedge 5 \wedge 8)$$

En comparación con el sistema inicial, podemos observar que la mayor parte de los conjuntos mínimos de fallos son de orden 4 y 5, pese a que también podemos encontrar fallos de orden 3.

La probabilidad de los CMC es:

CMC	PROBABILIDAD	CMC	PROBABILIDAD
1, 6, 9, 7	$1,04361 \cdot 10^{-18}$	3, 6, 9, 7	$2,033 \cdot 10^{-18}$
1, 6, 9, 8	$5,21807 \cdot 10^{-19}$	3, 6, 9, 8	$1,0165 \cdot 10^{-18}$
1, 5, 7	$1,14156 \cdot 10^{-14}$	3, 5, 7	$2,2238 \cdot 10^{-14}$
1, 5, 8	$5,7078 \cdot 10^{-15}$	3, 5, 8	$1,1119 \cdot 10^{-14}$
2, 10, 6, 9, 7	$3,65002 \cdot 10^{-24}$	4, 6, 9, 7	$2,5866 \cdot 10^{-19}$
2, 10, 6, 9, 8	$1,82501 \cdot 10^{-24}$	4, 6, 9, 8	$1,2933 \cdot 10^{-19}$
2, 10, 5, 7	$3,99258 \cdot 10^{-20}$	4, 5, 7	$2,82936 \cdot 10^{-15}$
2, 10, 5, 8	$1,99629 \cdot 10^{-20}$	4, 5, 8	$1,41468 \cdot 10^{-15}$

*Tabla 8. Probabilidad de los CMC de la línea de embotellado mejorada.*

**ÁRBOL DE FALLOS Caso práctico resuelto línea de embotellado.**

La probabilidad del suceso *top* es:

$$P(top) = 5,4623 \cdot 10^{-14}$$

Por lo tanto las mejoras realizadas han reducido la probabilidad lo siguiente:

$$P(top)_{inicial} / P(top)_{mejorado} = (3,8902 \cdot 10^{-13}) / (5,4623 \cdot 10^{-14})$$

Se ha disminuido en 7 la probabilidad de que haya un incendio en el sistema, lo que ha dado lugar a que el departamento de calidad junto a la dirección de IBERUS considere suficiente dicha mejora como para llevar adelante las medidas correctoras seleccionadas.

## 7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL Caso práctico resuelto empresa productora de cereal.

La fábrica IBERUS se dedica a la fabricación de cereales en polvo. Dentro de la diversidad de sus productos fabricados para los diferentes usos, únicamente realiza la venta en dos formatos: sacos de 7 y 25 kg.

Los sacos de 7 kg son almacenados en palets mediante un robot paletizador automatizado, en el caso de los sacos de 25 kg son almacenados uno a uno directamente por una carretilla elevadora. El proceso de fabricación está basado en la mezcla de diferentes dosis de componentes en polvo en función de cual sea el producto finalmente demandado.

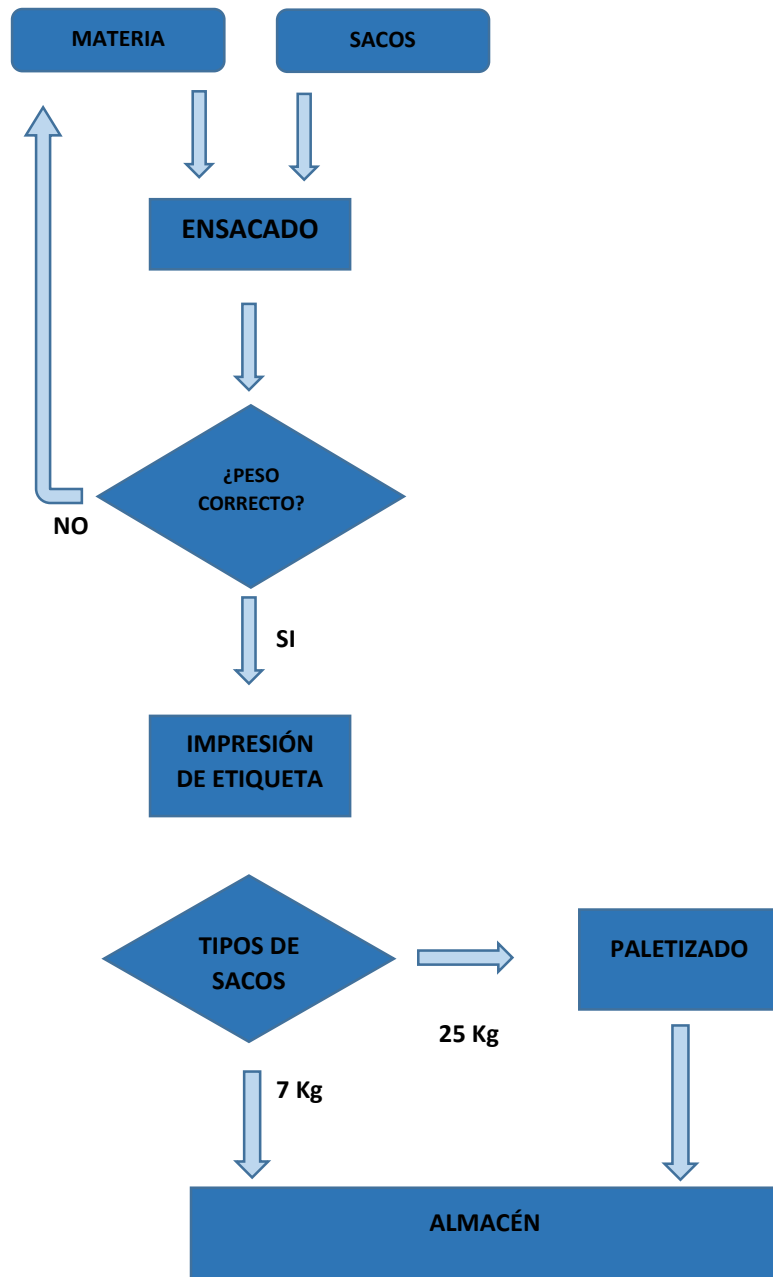
El responsable del almacén de productos acabados considera que debido a la presencia de algunas no conformidades (sacos estropeados, palets incorrectos, sacos vacíos...) el almacén carece de un sistema de calidad eficiente. Reconocidos parcialmente los problemas mencionados por el director de producción y con el fin de analizar y solventar dichas irregularidades, desde el equipo de dirección de la empresa se decide crear un grupo de trabajo en el que se ven implicados el responsable de almacén de productos acabados, el director de producción, el director técnico y el responsable de materias primas.

### RESOLUCIÓN:

#### ***1. Diagrama de flujo de proceso final de fabricación***

En primer lugar, y con el objetivo de que los mandos implicados en el grupo de trabajo tengan una comprensión idéntica y lo más objetiva posible acerca del problema a tratar, se lleva a cabo el diagrama de flujo del proceso final de fabricación de IBERUS. Mediante la realización del mismo se pretenden recoger las actividades que se realizan justo antes de almacenar el producto acabado.

7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL Caso práctico resuelto empresa productora de cereal.



**SIMBOLOGÍA:**

 INICIO/FIN

 OPERACIÓN

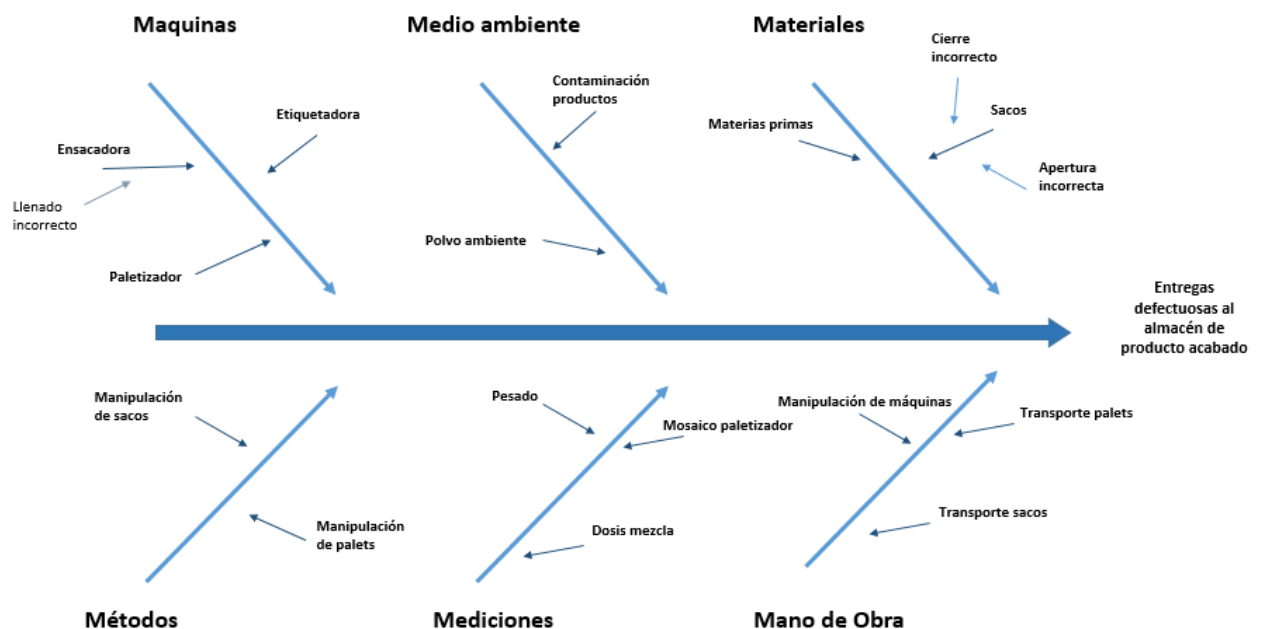
 DECISIÓN

## 7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL Caso práctico resuelto empresa productora de cereal.

### 2. Diagrama causa efecto (Ishikawa) de las entregas defectuosas al almacén de producto acabado de IBERUS.

Realizado el diagrama de flujo, el siguiente paso a llevar a cabo será analizar todas las causas posibles que puedan producir que se realicen entregas defectuosas al almacén de producto acabado.

El grupo de trabajo emplea para ello el diagrama de Ishikawa, aprovechando las 6 M's como causas principales, a partir de estas se recogen todas las causas secundarias, y paralelamente las causas terciarias que afectaran a las secundarias.



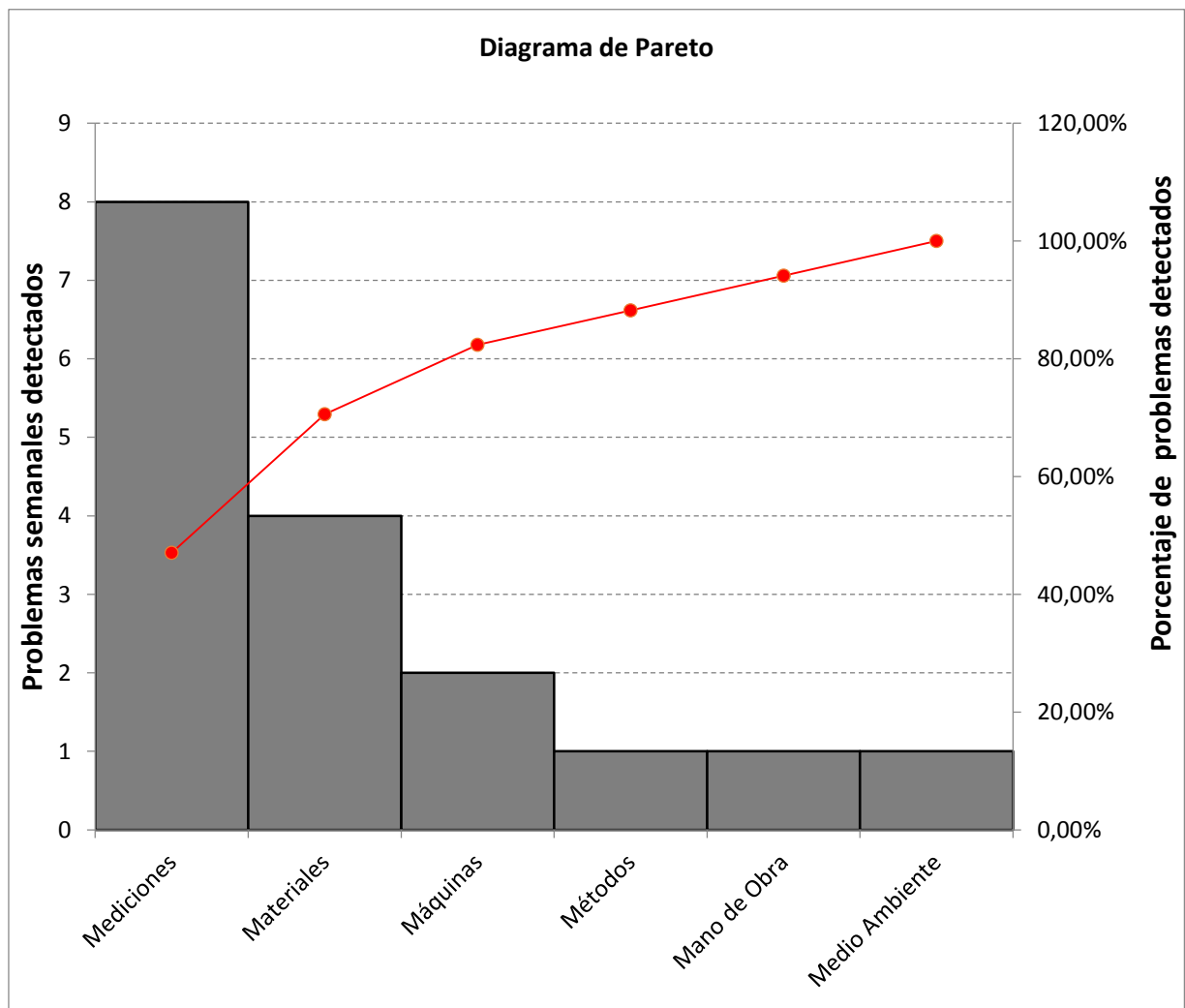
Tanto el diagrama de flujo como el diagrama de Ishikawa son dos herramientas útiles de la calidad que nos permiten analizar un problema o un proceso concreto desde los diferentes puntos de vista de los implicados, permitiendo a estos compartir y confrontar sus opiniones al respecto.

## 7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL Caso práctico resuelto empresa productora de cereal.

### 3. Diagrama de Pareto de las causas principales de las entregas defectuosas al almacén del producto acabado de IBERUS.

El siguiente paso a realizar por el equipo de trabajo consiste en analizar cuáles son los problemas que deben de atajarse prioritariamente. Para ello, a partir de los datos obtenidos en el registro de quejas recibido por parte de los clientes y en función de las causas detectadas con la anterior herramienta, se hace un recuento con las más importantes.

Recogidos los registros del departamento de ventas, realizaremos un diagrama de Pareto para sacar conclusiones acerca del primer objetivo a cumplir y revisar: mejorar todos aquellos aspectos referentes a las mediciones (peso de los sacos, mosaico o distribución de los sacos en los palets, etc.).



## 7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL Caso práctico resuelto empresa productora de cereal.

### 4. Hoja de control de entrada en el almacén de producto acabado de Iberus

Identificado y seleccionado el problema a resolver, el siguiente objetivo es el de recoger todos aquellos datos que estén relacionados con éste, analizarlos y proponer una serie de medias y mejoras para posteriormente valorar la efectividad de estas.

En primer lugar debemos de desarrollar una hoja de control para obtener los primeros datos acerca de los errores de medición cometidos, esta se ha elaborado con la disposición de los trabajadores del almacén de productos acabados, ya que ha permitido recoger rápidamente cuáles eran las causas de los problemas detectados en la recepción de palets.

Con la recogida de datos se concluyó que el principal problema a solventar era el peso defectuoso de una gran cantidad de los sacos producidos, por lo tanto, este será el siguiente punto donde se centrara la atención del grupo de trabajo.

PRODUCTO: Palets con sacos de 7 kg procedentes de línea 2	Almacén: 3	Operario: J.R.G
---	------------	-----------------

CAUSA	10/04/14	11/04/14	12/04/14	13/04/14	14/04/14	TOTAL
<i>Peso defectuoso</i>	5	5	5	1	-	16
<i>Mosaico incorrecto</i>	1	-	-	1	-	2
<i>Dosis mezcla</i>	-	5	-	-	3	8
<i>Otros</i>	-	-	2	-	-	2
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>28</b>



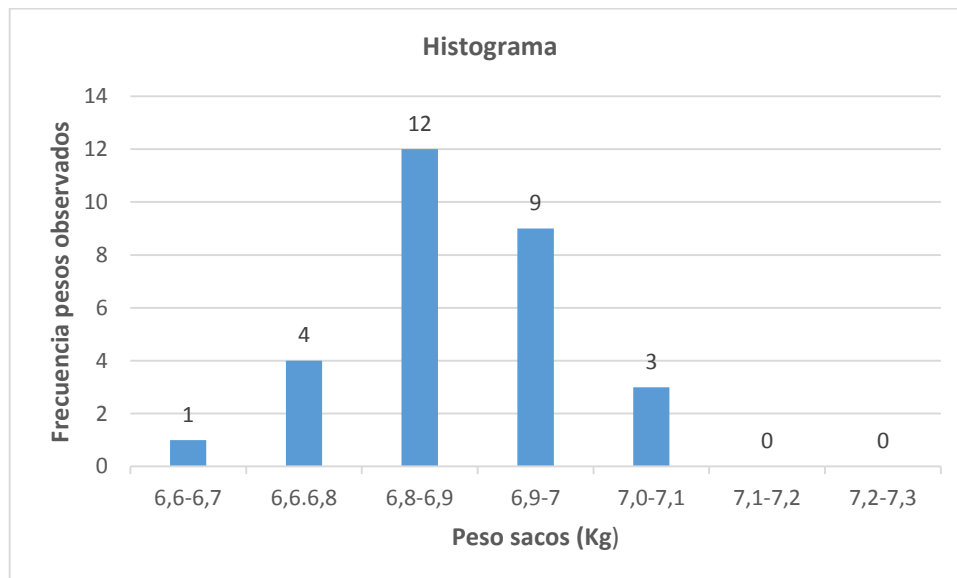
**7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL Caso práctico resuelto empresa productora de cereal.****5. Histograma de los pesos de los sacos producidos por IBERUS**

Centradas las investigaciones en el peso de los sacos de 7kg, el principal objetivo es el de obtener datos del pesaje de todos los sacos que son producidos, no solo de una muestra.

Para ello, fue colocada una balanza en el proceso productivo con el fin de verificar todos los pesos de la producción de sacos. Los resultados obtenidos se muestran a continuación en un histograma, en el que ha sido detectada una clara desviación en los pesos deseados, los cuales deberían de estar centrados en 7kg, siendo la tolerancia de  $\pm 300$  gr.

El peso no se centraba en los 7kg que demanda la producción de este modelo de saco, sino en 6,850 kg. Debemos añadir que la capacidad de la máquina de envasado, con 200 gr de error máximo según el fabricante, posibilitaba la existencia de un número elevado de sacos con peso inferior al requerido en las especificaciones.

Como primera medida o actuación llevada a cabo fue la de arreglar la máquina de llenar sacos a 7 kg y posteriormente analizar cómo se podía evitar que dicha desviación volviera a suceder en un futuro.



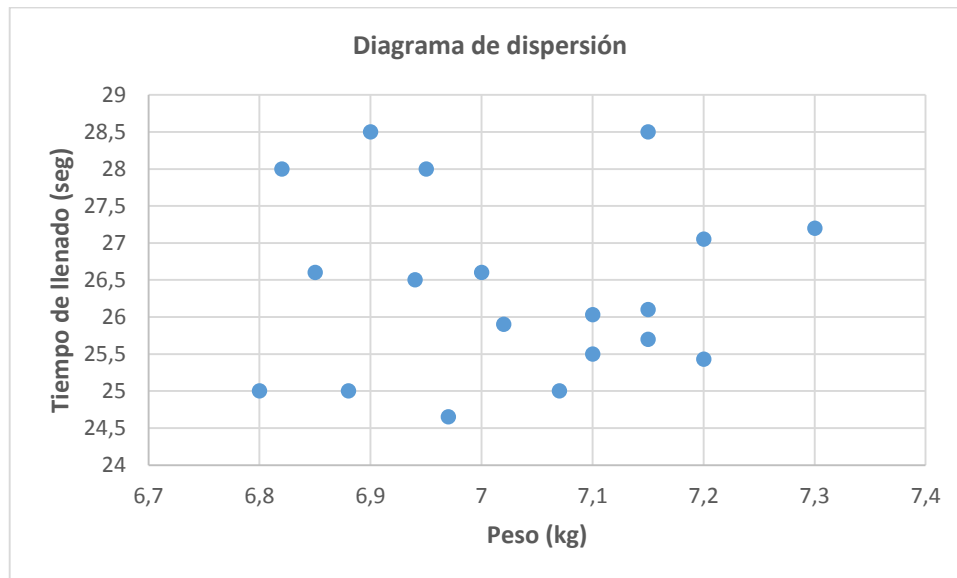
## 7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL Caso práctico resuelto empresa productora de cereal.

### 6. Diagrama de dispersión de tiempo de llenado-peso de los sacos de la máquina ensacadora de Iberus.

Con el objetivo de controlar con la mayor exactitud posible el peso de los sacos, se pensó que en lugar de pesar cada uno de los sacos mediante una célula de pesado durante el llenado de los mismos, no proporcionaría mayor precisión un temporizador colocado en la máquina de llenado para controlar los tiempos. El objetivo no era otro que aprovechar el control del temporizador, ya que era más preciso y sencillo que el dispositivo de pesado, para ajustar todavía más el peso final de los sacos.

Previamente a la introducción del nuevo sistema de control, se realizaron una serie de medidas de los pesos junto al tiempo real de llenado de los distintos sacos, para ver si existía alguna relación entre estos. Los resultados obtenidos fueron representados en un diagrama de dispersión, en el que se observó de forma clara que no existía relación alguna.

A consecuencia de dicha observación, finalmente no fue posible introducir este sistema de control de medida por tiempo, por lo que se consensuó la decisión de seguir realizando un exhaustivo control del peso de los sacos.



## 7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL Caso práctico resuelto empresa productora de cereal.

### 7. Gráficos de control de los pesos de llenado de los sacos de IBERUS

Para finalizar, fueron modificados los reglajes de todas las máquinas destinadas al llenado de sacos. Una vez modificados, se decidió diseñar unos gráficos de control para una detección de las desviaciones existentes en el proceso.

Se colocó para ello una célula de captación de peso dentro del proceso productivo, conectada a un ordenador que registraba los pesajes realizados. Fueron tomadas 10 muestras de 5 sacos, cada una de ellas durante un día. Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Nº MUESTRA	VALORES OBSERVADOS					X (media)	R (Recorrido)
	1	2	3	4	5		
1	7,24	7,13	7,2	6,89	7,14	7,12	0,35
2	6,9	6,96	7,08	7,25	6,84	7,01	0,41
3	7,04	7,24	6,87	6,97	7,02	7,03	0,37
4	6,79	6,8	6,86	6,85	6,77	6,81	0,09
5	7,14	6,85	7,04	7,14	7,23	7,08	0,38
6	7,16	6,87	6,85	6,82	6,96	6,93	0,34
7	6,92	6,93	6,88	7,01	6,98	6,94	0,13
8	7,21	7,05	6,81	6,8	7,2	7,01	0,41
9	6,84	7,11	7,22	6,85	6,92	6,99	0,38
10	6,85	7,12	6,88	6,93	6,75	6,91	0,37

Siendo el promedio de las medias y del recorrido:

$$\bar{X} (\text{media}) = 6,98$$

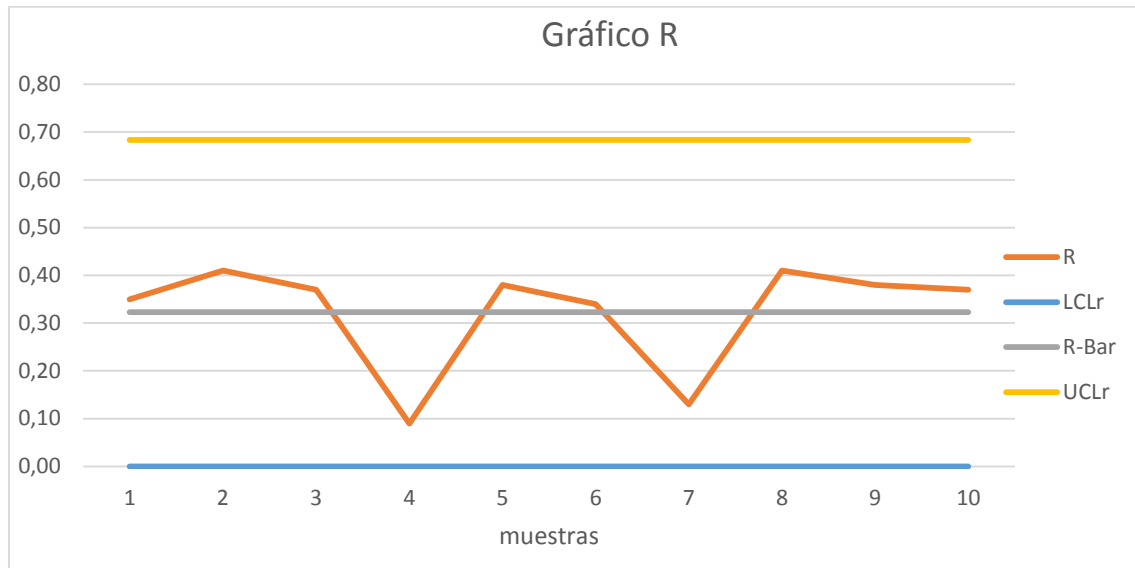
$$R (\text{recorrido}) = 0,32$$

A continuación se diseñó el gráfico R con el fin de controlar la dispersión de cada muestra, cuyos límites de control son:

$$LCI = 0 \text{ (UCLr)}$$

$$LCS = 0,68 \text{ (LCLr)}$$

## 7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL Caso práctico resuelto empresa productora de cereal.

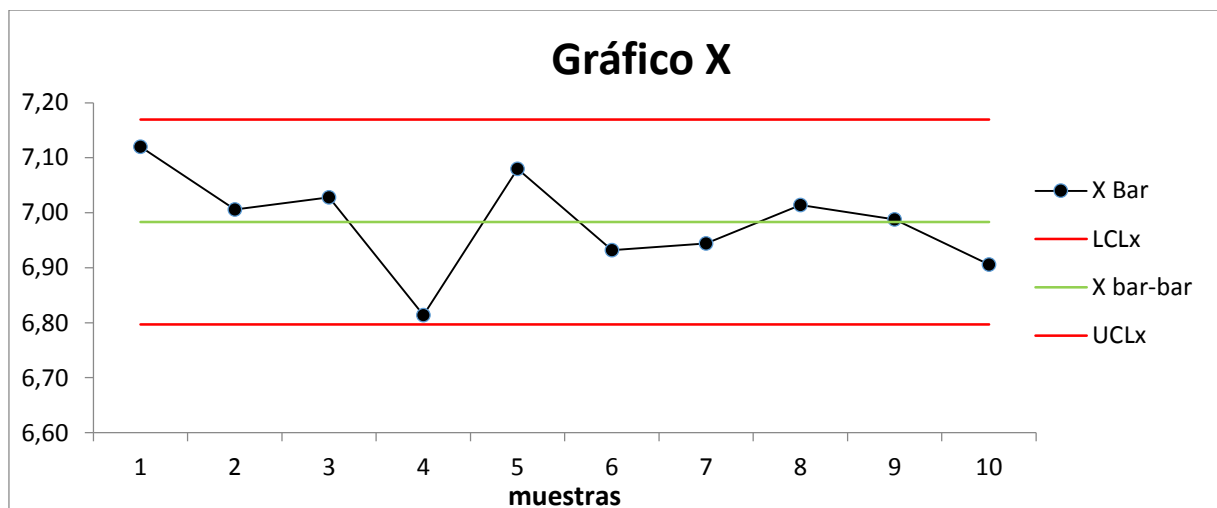


Podemos observar, que como ya se había confirmado el recorrido de las muestras estaba bajo control.

Análogamente se diseñó el gráfico **X**, obteniendo los correspondientes valores de los límites de control:

$$LCI = 6,80 \text{ (LCLx)}$$

$$LCS = 7,17 \text{ (UCLx)}$$



Tal como se muestra en el gráfico, el proceso está dentro de los límites marcados, por lo que podremos considerarlo bajo control.

**7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL Caso práctico resuelto empresa productora de cereal.**

La aplicación del control estadístico de procesos (SPC) no radica únicamente en tener el proceso bajo control, sino que también es importante controlar las desviaciones que se nos puedan presentar en el sistema. Tal y como se suponía en un principio la máquina de llenar sacos estaba correctamente ajustada. Por ello se decidió preparar el mismo software que controlaba los pesos, para que analizara si el sistema se desviaba de los objetivos marcados por los gráficos de control. De esta forma, fue posible detectar los problemas mucho antes de que la máquina estuviera produciendo sacos fuera de las especificaciones.

## LAS 5S Caso práctico resuelto.

La empresa IBERUS, debido a la falta de orden y limpieza de los talleres del departamento de mantenimiento, ha decidido llevar a cabo una implantación de “Las 5S” cuyo fin es crear un ambiente de trabajo más satisfactorio y que estandarice las etapas de trabajo con el objetivo de cumplir eficientemente los objetivos fijados por los directivos de la empresa.

Se pide, desarrollar a continuación una aplicación del método de “Las 5S”, como si de una sola etapa se tratara, pero con la idea de que únicamente podrá pasarse a la siguiente etapa, una vez estén cumplidos los requisitos de la etapa anterior.

### Resolución:

En primer lugar, debemos seleccionar el área o zona donde se implantara dicha herramienta de la calidad. El objetivo marcado por el departamento de producción es el de seleccionar en primer lugar el taller como área piloto, para posteriormente extender la implantación de la metodología al resto de las zonas de la empresa.

En este caso, el personal de mantenimiento del taller, será el encargado de realizar las tareas asignadas por el grupo de trabajo del departamento de producción. Será fundamental la participación de los componentes de los diferentes turnos de mantenimiento dado el conocimiento que tienen de la zona de trabajo, pudiendo aportar soluciones reales a los problemas que vayan apareciendo.

El responsable del equipo de trabajo para la implantación de esta herramienta de calidad será el supervisor de la zona de talleres.

Desde el departamento de producción se han considerado una serie de condiciones previas que se consideran una prioridad con objeto de que posteriormente tenga éxito la implantación de las 5S. Podemos resumir las acciones de sensibilización en las siguientes:

- ✓ *La dirección deberá asumir el liderazgo, reflejando la implicación de la dirección de la empresa en el proceso de implantación de la metodología, así como la participación en la toma de decisiones necesarias en cada una de las fases a desarrollar, aprobando las diferentes acciones a realizar por el equipo de trabajo.*
- ✓ *Se deberá conseguir la implicación tanto del director de área como de todo el personal donde se realice dicha implantación, incluyendo el “proyecto 5S” como parte de las tareas de cada operario.*
- ✓ *Informar de la importancia del proyecto con el fin de conseguir que todos los empleados entiendan y sean partícipes del propio proyecto.*

**LAS 5S Caso práctico resuelto.**

- ✓ *Respetar el orden establecido por el equipo de trabajo.*
- ✓ *Realizar inspecciones periódicas y críticas al más alto nivel de cada uno de los avances llevados a cabo a lo largo de las diferentes fases.*
- ✓ *Perseverancia y constancia.*

Dentro de estas medidas, se ha considerado interesante el seguimiento de la implantación por parte de todo el personal que forma la plantilla completa de IBERUS, para ello se procederá a la colocación de un panel visible denominado “Panel 5S”, en el que se reflejará:

- ✓ Fase en la que se encuentra el taller
- ✓ Componentes del equipo de trabajo
- ✓ Gráfico de evolución temporal
- ✓ Plan de acción con las propuestas de mejora

Junto al panel, también será visible la “Carpeta 5s”, en la cual serán registrados todos los documentos relacionados con el taller, así como la hoja de apertura del mismo.

**ATCUACIÓN LLEVADA A CABO EN LAS DIFERENTES ETAPAS:****1. SEIRI (Eliminar)**

En esta primera etapa, se ha llevado a cabo una selección de todo aquello necesario en el puesto de trabajo y que debe de conservarse, el resto será eliminado.

Para ello realizaremos un inventario de todos y cada uno de los objetos que componen el taller y nos preguntaremos si son útiles o no:

- Si es inútil será devuelto y como último recurso lo desecharemos.
- Si es útil, deberá guardarse.
- Si existe cierta indecisión, deberá de ser etiquetado (retirar la etiqueta cuando se emplee dicho objeto, indicando el nombre y la fecha de quien lo ha utilizado) Finalizado el periodo de pruebas, se tomara una decisión colectiva acerca de guardar o tirar el objeto etiquetado.

La empresa considera muy importante la realización de auditorías por parte del propio departamento de calidad de la planta.

Conseguido el éxito de la 1ª S, pasamos a la siguiente.

**LAS 55 Caso práctico resuelto.**

## **2. SEITON (Ordenar)**

En esta segunda etapa es importante disponer y actuar reduciendo gastos inútiles, esfuerzos y pérdidas de tiempo. Es necesario analizar la forma de coger las herramientas y de colocarlas después de su uso así como preguntarse por qué es necesario tanto tiempo para encontrarlas en los armarios o maletines donde estas se encuentran disponibles.

Por lo tanto, deberemos de determinar ciertos de elección de colocación de objetos, pudiendo agruparlos en 4 subfases:

1. Seleccionar NOMBRE y LUGAR para cada elemento o herramienta, reagrupando por la naturaleza del objeto.
2. Ordenar.
3. Delimitar los diferentes emplazamientos de colocación.
4. Por último, comunicar la reubicación resultante de los diferentes objetos.

Así pues, se ha modificado la ubicación de los accesorios en el armario de herramientas, con una serie de clasificadores, que agrupan estos por familias y con una ubicación delimitada y señalizada para cada uno de los objetos. La siguiente acción que se llevará a cabo será la de ubicar tanto útiles como documentación.





**LAS 55 Caso práctico resuelto.**

Como se muestra en la imagen, el armario de herramientas con las ubicaciones definidas, deja ver por medio de carteles o etiquetas todo aquello que se encuentra en su interior.

En el primer cajón del armario de herramientas han sido ubicadas las herramientas de corte, mayoritariamente las brocas. Para ello se ha seguido el siguiente formato, todas las brocas vienen definidas por su diámetro y tamaño, cada una de ellas tiene dos ubicaciones que se diferencian con claridad por colores.

El objetivo de emplear dos colores, no es otro que tener una zona de color rojo para las brocas que se encuentran en un perfecto estado y otra zona de color amarillo para depositar las brocas que se encuentren desafiladas.



Se ha conseguido dar mayor visibilidad a la reposición de las diferentes herramientas de corte.

En los siguientes cajones del armario, el criterio estará definido por las diferentes familias de accesorios, teniendo en cuenta sus diferentes usos: herramientas de taladrado, remachado, accesorios de apriete, etc.

Deberemos de tener en cuenta también en esta fase, la eliminación de aquellos huecos en los que no se ubique ningún tipo de accesorio. Taparemos por lo tanto estos huecos, por ser focos de suciedad y elementos inútiles, también evitamos que se depositen elementos fuera de su ubicación.

### LAS 55 Caso práctico resuelto.



Como vemos en la imagen anterior, se ha optado por emplear trozos de corcho con los diferentes tamaños de los huecos que queríamos eliminar



Para determinadas herramientas, se han habilitado las ubicaciones correspondientes creando la huella de estas en el corcho colocado en el interior de algunos cajones.

Al igual que en la fase anterior es muy importante realizar comprobaciones diarias del seguimiento de las reglas, como en la fase anterior es el departamento de calidad de IBERUS el encargado de realizar diferentes auditorias en los diferentes puestos de trabajo implicados. Una vez verificado, pasaremos a la siguiente fase.

LAS 5S Caso práctico resuelto.

### 3. SEISO (*Limpiar e inspeccionar*)

En esta tercera fase, trataremos de asegurar la limpieza del puesto de trabajo, para evitar la formación de suciedades, y lo más importante, permitir las inspecciones de máquinas y herramientas con el fin de poder detectar anomalías o desgastes prematuros.

Por todo ello, se llevarán a cabo las siguientes medidas:

1. Conseguir los medios necesarios de limpieza.
2. Fomentar la formación a los implicados en la limpieza, inspección y riesgos.
3. Realizar limpiezas sistemáticas e inspecciones.
4. Encontrar las fuentes y causas principales de la suciedad para poder poner en marcha un plan de acción, del mismo modo se deberá verificar el estado de los diferentes componentes previniendo el deterioro de estos.

Del mismo modo que en las anteriores etapas, es importante comprobar que todo lo incluido en los perímetros marcados ha sido inspeccionado y limpiado. Se recomienda realizar capturas fotográficas para evidenciar el cumplimiento de esta 3ª S y una vez superada con éxito pasar a la cuarta fase.

### 4. SEIKETSU (*Estandarizar*)

En esta cuarta S debemos definir las reglas por las cuales, el puesto de trabajo quedará despejado de objetos inútiles, ordenado, limpio e inspeccionado.

El equipo de trabajo ha formalizado por ello las reglas de aplicación para el cumplimiento de las anteriores fases, optando en este caso por la simplicidad y la visibilidad. Estas normas de estandarización de las tareas han sido colocadas en zonas claves:

- **Zonas de colocación de herramientas:** armario y estanterías de colocación de herramientas y utillajes.
- ***Pasillos de alta concurrencia***
- **Zonas de aparcamiento de los carros de herramientas que portan los operarios de mantenimiento.**

Para valorar la eficacia de estas reglas el departamento de calidad las verificará mediante una serie de **check-list** de evaluación y seguimiento de estándares.

Logrados los objetivos, únicamente nos queda pasar a la última y quinta S.

LAS 5S Caso práctico resuelto.

LAS 5S Caso práctico resuelto.

### **5. SHITSUKE (*Respetar estándares y hacerlos progresar*)**

Llegados a este punto los directores del departamento de producción de IBERUS se muestran bastante satisfechos con la implantación de “Las 5s” en el taller de mantenimiento.

Por ello, tratará de respetar los estándares logrados dentro del taller y tiene entre sus objetivos ir implantando dicha herramienta de “Lean Manufacturing” en las principales líneas de producción de la planta. Se tratará por lo tanto de que el personal implicado en el taller de mantenimiento respete disciplinadamente los estándares logrados.

Desde los departamentos de producción y de recursos humanos se ha realizado un documento en el que quedan escritos los principales puntos a tener en cuenta en esta fase para poder cumplimentar satisfactoriamente la implantación de “las 5s”:

- Respeto por las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable
- Realizar un control personal y el respeto por las normas que regulan el funcionamiento de una organización.
- Promover el hábito de auto-controlar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas.
- Comprender la importancia del respeto por los demás o por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración.
- Mejorar el respeto de su propio ser y de los demás.

En caso de que no se respeten los estándares, es necesario ir a la raíz del problema: el porqué de esa falta de respeto y/o interés.

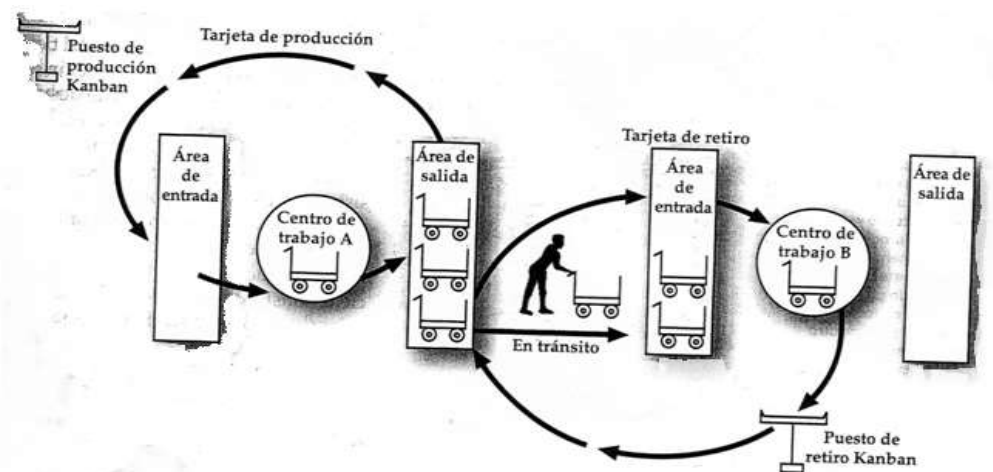
## KANBAN Caso práctico resuelto proceso productivo.

Como ya hemos visto el sistema Kanban es un sistema de control físico que consiste en tarjetas recipientes. Supónganos que en cierto proceso productivo son utilizados ocho contenedores recipientes de almacenaje entre los centros de trabajo A y B (A provee a B) y que cada contenedor tiene capacidad de 20 unidades. El inventario máximo que podrá existir entre estos dos centros de trabajo será de 160 unidades (8 X 20) dado que la producción en el centro de trabajo se detendrá cuando todos los recipientes estén llenos.

Suponiendo que los contenedores se mueven a la vez, cuando un recipiente con piezas sea vaciado en el centro de trabajo B, dicho contenedor vacío regresará al centro de trabajo A.

Por lo tanto la tarjeta KANBAN de producción del contenedor lleno será retirada de este, y se le colocará otra nueva tarjeta de retiro. A continuación la tarjeta KANBAN de producción se colocará en el puesto de recepción del centro de trabajo A con lo cual se habrá dado orden de autorización para que se lleve a cabo de nuevo el proceso productivo A.

El contenedor vacío se depositará en el centro de trabajo A para ir llenándolo a medida que se fabrican las piezas demandadas. El contenedor lleno junto a su tarjeta KANBAN de retiro se moverán al centro de trabajo B, siendo colocados en la zona de recepción o área de entrada a dicho proceso. Cuando este último contenedor sea finalmente utilizado, su tarjeta KANBAN de retiro junto al contenedor vacío se llevarán de nuevo al centro de trabajo A y el ciclo se repetirá durante el turno de trabajo correspondiente.



*Gráfico que representa el proceso de fabricación.*

**KANBAN Caso práctico resuelto proceso productivo.*****¿Cuál es la importancia de la utilización del sistema KANBAN en el proceso productivo que se está analizando?***

Anteriormente hemos puntualizado la importancia de la naturaleza física visual de dicha herramienta de la calidad. Todas las piezas que se van produciendo son colocadas en contenedores de tamaño fijo, a medida que se van acumulando los contenedores vacíos, queda claro que el centro de trabajo productor se está quedando atrás.

Por otro lado, cuando se hayan llenado todos los contenedores disponibles, se detendrá el proceso de producción para evitar una sobreproducción y almacenamiento de lotes en el almacén logístico. (El tamaño de un lote de producción es el mismo que el número de piezas que contiene un contenedor de almacenamiento).

**ANOTACIÓN:**

La cantidad de recipientes que son necesarios para operar en los centros de trabajo es una función que depende de:

- ***Tasa de demanda***
- ***Tamaño del contenedor***
- ***Tiempo de circulación y transporte del contenedor***

$$n = \frac{DT}{C}$$

Donde:

- N = Nº total de contenedores
- D = tasa de demanda del centro de trabajo de usuario
- C = tamaño del recipiente en número de partes, por lo general, menor del 10% de la demanda diaria.
- T = tiempo que requiere un contenedor en terminar una vuelta entera del ciclo completo: llenado de espera, movimiento, uso y regreso para ser llenado de nuevo. (Tiempo de entrega)

**KANBAN Caso práctico resuelto proceso productivo.**

Supongamos que la demanda en el siguiente centro de trabajo es de 2 piezas por minuto y que un contenedor estándar puede almacenar 25 piezas. También supóngase que le cuesta aproximadamente 100 minutos a un recipiente dar una vuelta completa desde el centro de trabajo A al centro de trabajo B y de regreso a A, incluyendo todos los preparativos de fabricación, movimientos y tiempo de espera.

En este caso serán necesarios 8 contenedores:

$$n = \frac{2(100)}{25} = 8$$

El inventario máximo es igual al tamaño de un solo contenedor multiplicado por el número total de contenedores  $\rightarrow 8 \times 25 = 200$  unidades, ya que lo máximo que podremos tener serán todos los contenedores llenos.

$$\text{Inventario máximo} = nC = DT$$

## POKA YOKE Caso teórico-práctico resuelto.

A continuación se adjunta un caso práctico en el que se explican algunos de los conceptos teóricos de aplicación explicados en las transparencias. Se adjunta una tabla en la que están reflejados a modo de ejemplo el resumen de los pasos o etapas 2 y 3 explicadas en las transparencias:

Procesos	Errores	Error mas significativo	Poka Yokes probables	Poka Yoke más eficiente
1	a b c	a	W X Y Z	x
2	a b c	b	Y Z	z
3	a b	A	X Y Z	z

*Tabla 1 Resumen simbólico de las etapas 2 y 3.*

Como vemos en la tabla cada proceso tiene distintos errores, los cuales son dignos de ser evaluados y corregidos, pero como ya sabemos debemos actuar sobre aquellos que nos afectan más económicamente.

En la tabla que se adjuntará más adelante se observara la llamada priorización de errores, en la que se establece un orden a los errores encontrados.

La prioridad con la que se tomen las decisiones vendrá influenciada por el resultado de una clasificación que sigue los siguientes criterios:

- **Impacto:** Mide la forma en que afecta el error en términos cuantitativos.
- **Riesgo:** mide la probabilidad y severidad en la que ocurra el error.
- **Importancia:** Mide la forma en que afecta el error en términos cualitativos (si le afecta al personal implicado)
- **Urgencia:** Mide la rapidez de implementar un método para evitar causas actuales o futuras.

Cada uno de los errores seleccionados puede tener varios métodos “a prueba de error” que podemos aplicarle. En la tabla llamada priorización de Poka-Yoke se le da un orden a los métodos potenciales estableciendo una prioridad. La prioridad con la que se toma la decisión es el resultado de una clasificación que atiende a los siguientes criterios:



**POKA YOKE Caso teórico-práctico resuelto.**

- **Costo de la inversión:** los costos de estudiar y aplicar el sistema.
- **Tiempo de recuperación de la inversión:** Define el período posterior a la implementación donde se recupera la inversión producto de los beneficios económicos del método aplicado.
- **Eficacia.** *Las 5 variables de la eficacia* (las variables que se consideran trascendentes al decidir si un método es eficaz) son: detener el proceso, detectar el defecto, separar o avisar, confiabilidad del método y mantenimiento.
- **Capacitación del personal:** Tiene en cuenta si la utilización del método incluye al personal y que costo tiene involucrarlo.

Cada uno de los criterios tiene valoraciones distintas, y les hemos asignado un peso para poder llevar a cabo el cálculo de la priorización. Estos pesos pueden ser diferentes dependiendo del punto de vista de los administradores o directores de la empresa. La puntuación de los criterios es de 1 a 5 donde el número 1 es “lo más bajo” y el número 5 es “lo más alto”.

La implementación de los pasos 2 y 3 se muestra a través de tablas confeccionadas con una planilla de cálculo. Estos 2 pasos son los que mayor abanico de variables y criterios nos demandan. Aquí es en donde decidimos lo más importante: la **detección del error** y su **solución**.

La primer parte de la práctica se llama priorización de errores y la segunda parte se llama priorización de Poka Yoke.

### POKA YOKE Caso teórico-práctico resuelto.

A continuación se adjuntan las tablas resumen de la primera etapa (priorización de errores):

ID	Nombre del error	Necesidad de un Poka-Yoke	Empleaba algún método	Ranking	Orden
I01	a	Si	No	3,80	2
I02	b	Si	Si	2,45	5
I03	c	No	No	3,00	3
I04	d	Si	No	4,00	1
I05	e	Si	No	2,50	4

*Tabla 2 Priorización de errores.*

ID	Error	Impacto		Riesgo		Importancia		Urgencia		Puntuación final	Orden
		Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación		
I01	a	4	40%	4	25%	3	20%	4	15%	3,80	2
I02	b	2	40%	1	25%	4	20%	4	15%	2,45	5
I03	c	3	40%	3	25%	3	20%	3	15%	3,00	3
I04	d	4	40%	5	25%	2	20%	5	15%	4,00	1
I05	e	2	40%	4	25%	2	20%	2	15%	2,50	4

*Tabla 3 Ranking de errores*

Una vez terminada la etapa 1 de la implementación, tenemos ya seleccionado el error sobre el que se va a actuar con el fin de buscar una solución óptima. Todos los errores tienen una solución característica, pero el proceso de búsqueda del método “a prueba de error” se realiza exclusivamente para un solo error.

### POKA YOKE Caso teórico-práctico resuelto.

A continuación se adjuntan las tablas resumen de la etapa 2 de implementación (priorización de Poka-Yokes):

ID	Poka-Yoke a elegir	Se está empleando	Ranking	Orden
I01	a	no	3,35	2
I02	b	no	3,85	1
I03	c	si	3,00	4
I04	d	no	2,80	5
I05	e	no	3,35	2

*Tabla 4 Priorización de Poka-Yoke*

ID	Error	Costo		Recupero la inversión		Eficacia		Necesidad de capacitación		Puntuación final	Orden
		Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación		
I01	a	3	20%	5	20%	3	55%	2	5%	3,35	2
I02	b	3	20%	4	20%	4	55%	5	5%	3,85	1
I03	c	3	20%	3	20%	3	55%	3	5%	3,00	4
I04	d	4	20%	4	20%	2	55%	2	5%	2,80	5
I05	e	5	20%	5	20%	2	55%	5	5%	3,35	2

*Tabla 5 Ranking de métodos*

Llegados a este punto, se continuaríamos con las siguientes etapas de la implementación:

- Probar el método seleccionado.
- Capacitar a los equipos de trabajo involucradas en el mismo.
- Revisar y analizar los resultados de como se ha desempeñado.

## POKA YOKE Caso práctico resuelto soportes gancheras, proceso de galvanoplastia.

### Fallo 1

**Situación:** Las gancheras (soportes) de unas piezas, debían permanecer en reposo durante un determinado tiempo en una secuencia de baño de galvanoplastia, posteriormente debían ser retirados con el fin de obtener una capa protectora con el espesor correcto. (Ver esquema en Figura 1)

**Problema:** El resultado final dependía totalmente del tiempo de permanencia de las piezas dentro del baño. En determinadas ocasiones, debido a la falta de control total de los tiempos el operario, con bastante frecuencia, sacaba las piezas fuera de tiempo o de frecuencia.

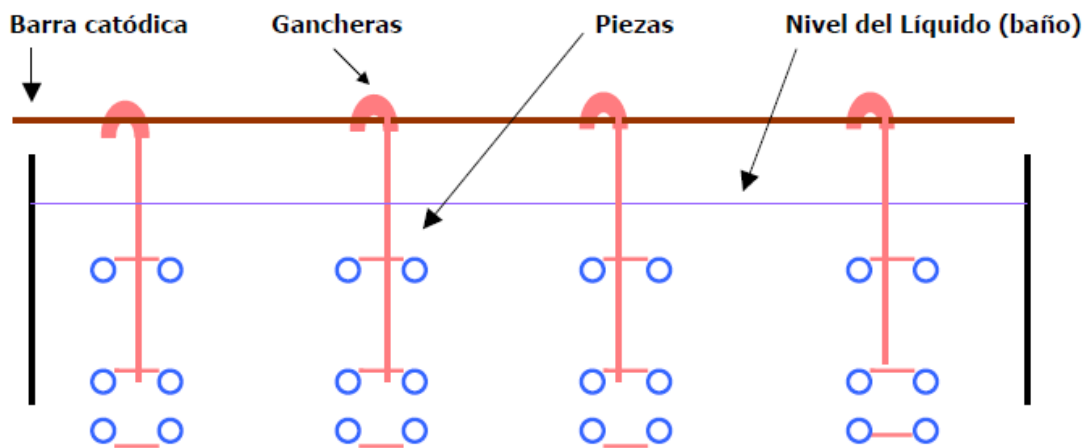


Figura 1

En un primer momento la empresa optó por una solución de bajo coste y que seguía la lógica convencional: realizó una campaña de concienciación del personal, finalmente los resultados obtenidos no variaron sustancialmente con respecto a la situación original.

Finalmente la empresa decidió establecer una solución basándose en la herramienta de calidad **Poka-Yoke/Cero defecto**, esta se describe a continuación.

**POKA YOKE Caso práctico resuelto soportes gancheras, proceso de galvanoplastia.**

La empresa desarrollo un mecanismo accionado por un motor (ver esquema en Figura 2), este mantenía bloqueadas las gancheras contra la barra catódica evitando que se sacasen antes de tiempo, salvo en aquellos casos en los que esta debía ser retirada por el operador.

Con dicho dispositivo se consiguió que la probabilidad de retirar la ganchera antes de tiempo o en una secuencia equivocada fuera nula (CERO ABSOLUTO).

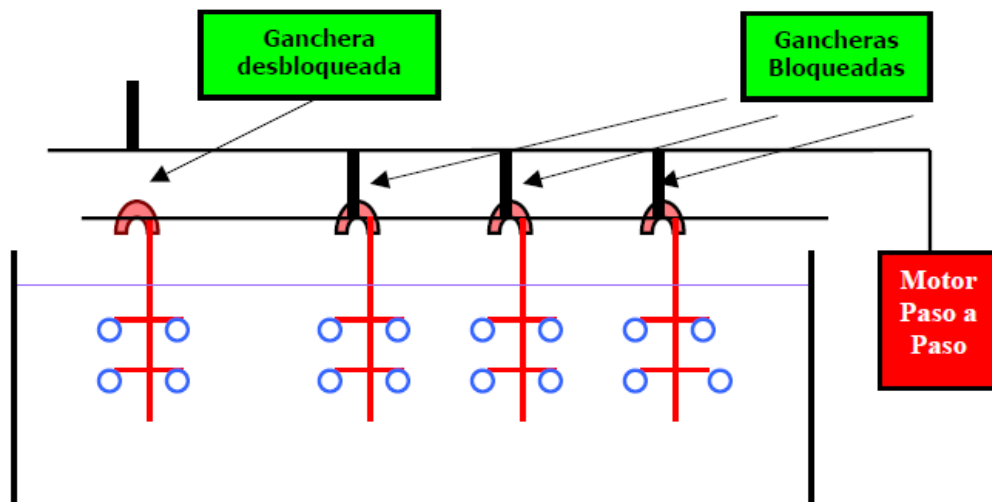


Figura 2

**POKA YOKE Caso práctico resuelto soportes gancheras, proceso de galvanoplastia.****Fallo 2**

**Situación:** En este mismo caso que estamos estudiando, la concentración del baño era de vital importancia para que la capa depositada obtuviera unas propiedades óptimas.

**Problema:** El operario/a responsable de mantener la concentración adecuada del baño era el encargado de agregar una sustancia con una serie de aditivos cada cierto intervalo de tiempo. En numerosas ocasiones se cometían fallos a la hora de controlar la cantidad de sustancia aditiva.

Al igual que para el problema anterior, la empresa decidió en un primer momento concienciar al grupo de trabajo de los diferentes turnos que se encargaban de desempeñar el trabajo. Se obtuvieron unos resultados que apenas variaron con respecto a la situación inicial.

Por ello la empresa decidió volver a hacer uso de la herramienta **Poka-Yoke / Cero absoluto:**

Se decidió aprovechar el motor de paso instalado para solucionar el problema anterior con objeto de accionar un timer. El propio motor era el encargado de controlar un dispositivo que controlaba y dosificaba automáticamente la cantidad de sustancia aditiva necesaria y en el momento preciso.

También se creyó convenientemente agregar como dispositivo de seguridad adicional un controlador de nivel automático dentro del propio tanque. Este era el encargado de controlar si descendían los niveles del tanque accionando una alarma que avisaba y paralelamente accionaba un dispositivo para bloquear el motor, lo que no permitía continuar con el trabajo, hasta que no se agregaba de nuevo la cantidad necesaria de aditivo al tanque del dispositivo automático de dosificación.

Fue por lo tanto a partir de la implantación de la solución descrita cuando se solucionaron por completo los problemas por falta sustancia aditiva o una inadecuada agregación de la misma, bajando la probabilidad de error al CERO ABSOLUTO.

## POKA YOKE Caso práctico proceso de fabricación, línea de armado.

### Fallo 1

**Situación:** En el proceso de fabricación de un producto, concretamente, en una línea de armado el operario/a debe colocar antes del acabado final del producto un inserto con el logo de la compañía. (ver esquema Figura 1)

**Problema:** La colocación de dicho inserto era posible en diferentes posiciones, siendo lo más común que se entregaran productos finales con un malo posicionamiento del logo. El problema no afectaba en absoluto a la utilidad que le daban los clientes al producto, pero sin embargo no daba una buena imagen de la empresa.

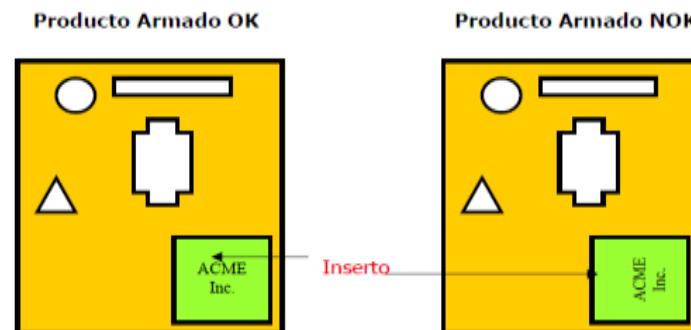


Figura 1

De acuerdo a una solución lógica, la empresa decidió colocar hojas de proceso con fotos que ayudaran a fomentar una colocación adecuada del logo y paralelamente se conciencio al personal de trabajo. Las equivocaciones eran menores pero seguían apareciendo cada cierto tiempo.

Por lo cual se decidió llevar a cabo una solución basada en el concepto Poka-Yoke/CERO ABSOLUTO que se explica a continuación.

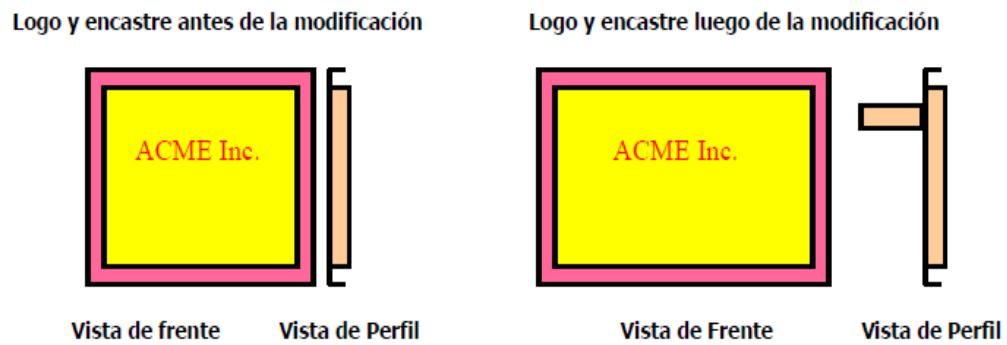
El logo de la empresa era cuadrado y sin relieve, se decidió modificar el molde de inyección donde se fabricaba el logo y también la cara de inyección encargada de darle forma a la parte frontal del producto de manera que el agujero de la cara frontal y el logo tuvieran una forma totalmente rectangular.

Con la modificación realizada ya no había la posibilidad de colocar erróneamente el logo con una disposición de las letras mirando a los costados. Dentro de dicha modificación

**POKA YOKE Caso práctico proceso de fabricación, línea de armado.**

se implanto también un tetón descentrado en la parte trasera del logo y un agujero en la zona de encaste de la cara frontal del producto.

Con las modificaciones realizadas (ver esquema Figura 2) se redujo la probabilidad a CERO ABSOLUTO.



*Figura 2*



## **ANEXO 11**

### **Casos prácticos propuestos.**

## QFD Caso práctico lanzamiento nuevo teléfono móvil.

La empresa IBERUS MOBILE, ante la alta competitividad del sector de la telefonía móvil como consecuencia del lanzamiento de nuevos productos, quiere obtener un nuevo diseño de su terminal de gama alta Iberus ZXP.

Decidiendo para ello realizar un estudio de mercado y averiguar qué necesita y espera el cliente, y utilizar el QFD para trasladar esas necesidades a características del nuevo producto.

### **Material de trabajo (Moodle):**

- *Presentación Power Point → QFD\_ Cómo desarrollar un caso práctico. (ADD)*
- *Caso Práctico resuelto “Cámara fotográfica”*
- *Plantilla QFD para la realización de casos prácticos → Plantilla\_QFD*

### **Trabajo a realizar:**

Una vez determinados los “qués” y los “cómos” se debe de construir la casa de la calidad para poder continuar con el resto de los despliegues del QFD:

- *Evaluación competitiva de mercado*
- *Evaluación técnica del producto y el de la competencia*
- *Matriz de confrontación*

### **NOTA:**

Se recomienda emplear para la resolución del ejercicio una página web comparadora de las diferentes prestaciones que nos ofrecen los distintos terminales de nuestras empresas competidoras.

## AMFE Caso práctico propuesto conector faro de vehículo.

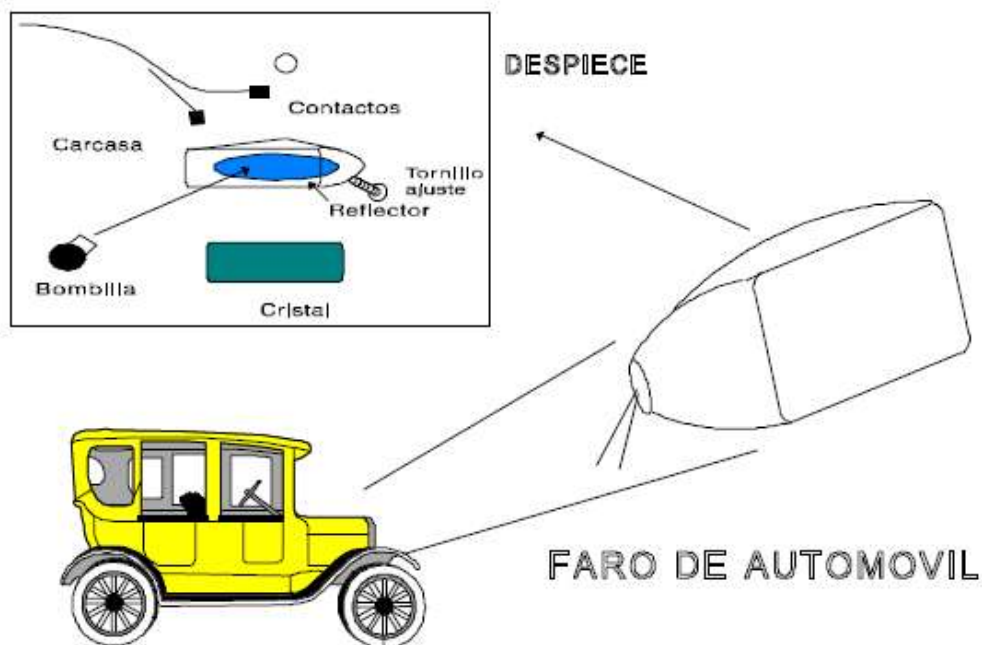
La empresa IBERUS, ha decidido continuar con su política de mejora de los procesos de calidad y ha decidido realizar un análisis modal de fallos en el diseño de un conector de faro de uno de los vehículos que fabrica.

### Material de trabajo (Moodle):

- *Presentación Power Point → AMFE\_Cómo desarrollar un caso práctico. (ADD)*
- *Plantilla AMFE para la realización de casos prácticos → Plantilla\_AMFE. (ADD)*
- *Anexo Tabla análisis modal de fallos y efectos (ADD)*

### Trabajo a realizar:

- Realizar y completar AMFE de diseño del producto.



*Imagen despiece del faro de automóvil.*

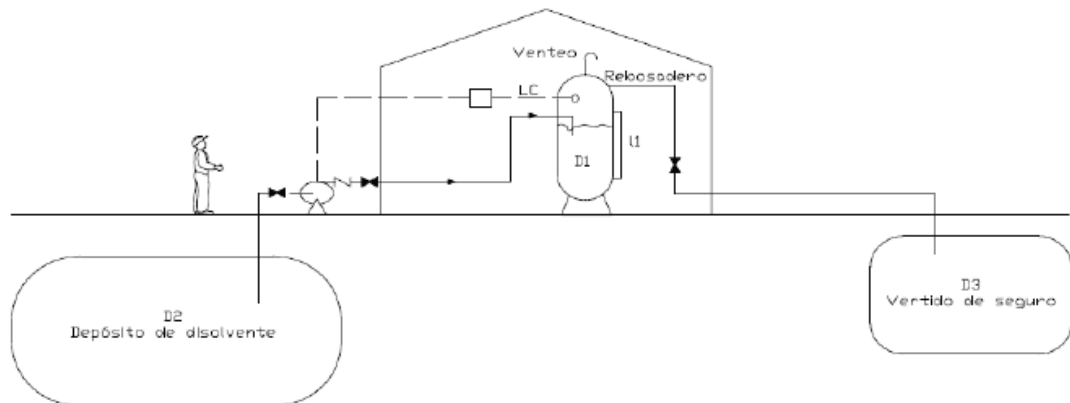
### Anotaciones:

Nº de especificación del producto: B-29-42-05

Fecha última edición de la especificación 14/05/06

## ÁRBOL DE FALLOS Caso práctico planta de almacenamiento de disolvente.

En la siguiente planta (Figura 1) en la que se almacena un líquido disolvente muy inflamable, se quiere analizar la probabilidad de que se vierta sobre el suelo disolvente durante el proceso de llenado del depósito situado en la nave (D1).



**Figura 1. Esquema de la planta de almacenamiento con disolvente.**

*El funcionamiento de la planta es el siguiente:*

El depósito D1 se llena desde el depósito enterrado (D2), a través de una bomba P1. Cuando el nivel del disolvente en D1 alcanza un cierto límite, el control de nivel (LC) lo detecta y da señal a la bomba P1 de que pare automáticamente. En el caso de que no se pare automáticamente, un operario puede advertir un nivel alto en D1, mediante observación del nivel visual L1, y parar manualmente la bomba. En el caso de que la bomba no se pare, el nivel puede subir hasta llegar al rebosadero, a través del cual el disolvente llega hasta el depósito enterrado en el exterior (D3), conteniéndose de forma segura.

En el caso de que el rebosadero no actúe, por estar obstruido o porque alguien cierre accidentalmente la válvula A, el nivel en el D1 seguiría subiendo hasta alcanzar el ven-teo, y se produciría el rebose y vertido indeseado al suelo de la nave.

### **Material de trabajo (Moodle):**

- *Presentación Power Point → ÁRBOL DE FALLOS\_ Cómo desarrollar un caso práctico. (ADD)*
- *Caso Práctico resuelto “Embotelladora”*

### **Trabajo a realizar:**

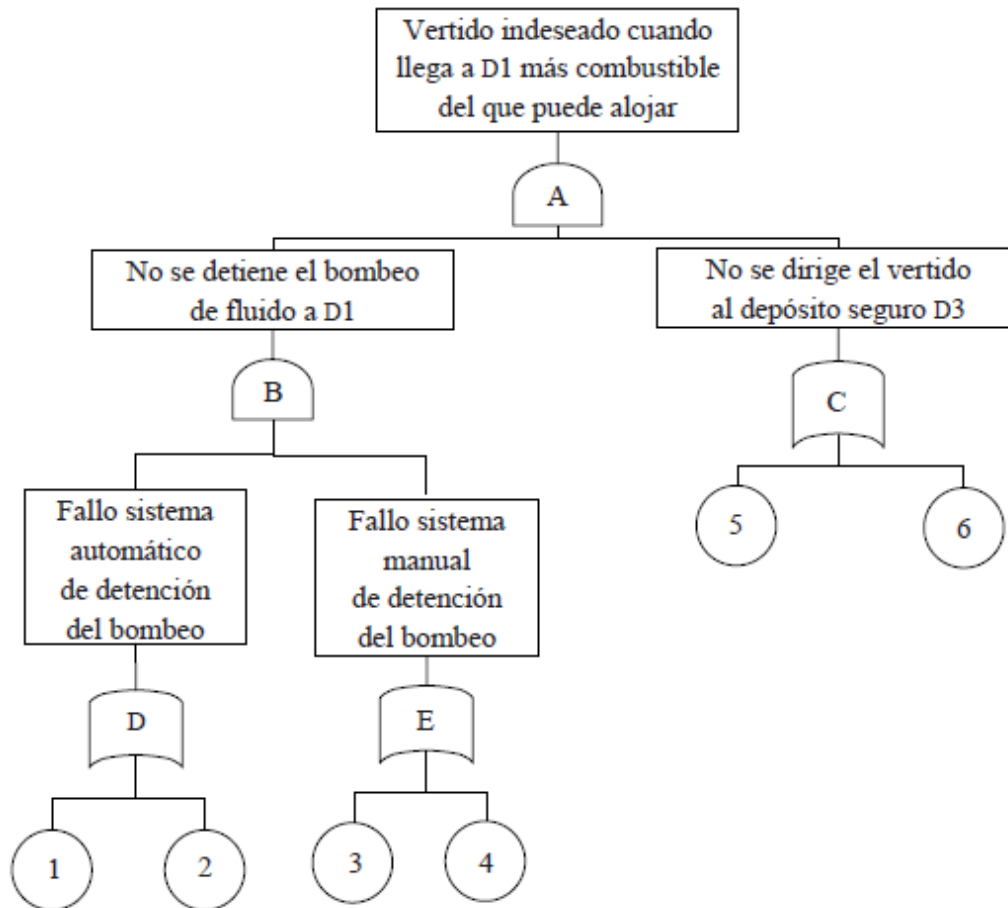
Determinar y completar los siguientes puntos:

1. *Descripción de la instalación*
2. *Definición del objetivo y alcance*
3. *Definición del árbol de fallos para el suceso no deseado.*
4. *Ecuación booleana, la ecuación reducida y los conjuntos mínimos de fallo*
5. *Análisis del árbol. Análisis cualitativo de la importancia*
6. *Análisis cuantitativo, cálculo de la probabilidad del suceso top*
7. *Análisis del árbol. Análisis cuantitativo de la importancia*
8. *Propuesta de medidas correctoras*
9. *Esquema de la instalación mejorada*
10. *Definición del nuevo árbol de la instalación y cálculo de la disminución de la probabilidad del suceso no deseado.*

Se adjuntan los siguientes elementos:

SUCESO BÁSICO	Tasa de fallo
1. Fallo del LC	0,003
2. Fallo del paro de bomba P1	0,005
3. Falla indicador nivel L1	0,002
4. Fallo del operario	0,05
5. Fallo de la válvula (cierre accidental)	0,005
6. Fallo del rebosadero (se obstruye)	0,03

*Tabla 1. Probabilidad de fallo de los sucesos básicos.*



*Árbol de fallos del sistema.*

## 7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL Caso práctico 1

Los siguientes son datos de los defectos de 200 productos que fueron devueltos a la compañía por los clientes. ¿Cuál son los defectos más relevantes, y que por lo tanto debemos eliminar a corto plazo? ¿Cuáles concentran el 70% de las devoluciones?

### **Material de trabajo (Moodle):**

- *Presentación Power Point → 7H\_ Cómo desarrollar un caso práctico. (ADD)*
- *Caso Práctico resuelto*

TIPO DE DEFECTO	Nº DEFEECTOS
Deformación (D)	104
Raya (R)	42
Burbuja (B)	20
Grieta (G)	10
Mancha (M)	6
Vacío (V)	4
Otros (O)	14

## 7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL Caso práctico 2

Sabemos que el diámetro exterior de 100 inyectores para artefactos de gas, en mm. Realizar el histograma de los siguientes.

### Material de trabajo (Moodle):

- *Presentación Power Point → 7H\_ Cómo desarrollar un caso práctico. (ADD)*
- *Caso Práctico resuelto*

6,301	6,296	6,298	6,294	6,306	6,300	6,295	6,297	6,303	6,302
6,306	6,298	6,302	6,297	6,307	6,306	6,300	6,304	6,300	6,301
6,299	6,303	6,300	6,304	6,301	6,298	6,304	6,300	6,299	6,297
6,295	6,301	6,302	6,300	6,303	6,303	6,296	6,303	6,301	6,304
6,299	6,302	6,298	6,302	6,297	6,301	6,303	6,299	6,298	6,301
6,303	6,299	6,297	6,300	6,305	6,301	6,299	6,301	6,297	6,298
6,296	6,299	6,302	6,299	6,298	6,299	6,304	6,300	6,296	6,300
6,298	6,301	6,297	6,302	6,295	6,305	6,300	6,297	6,299	6,302
6,303	6,300	6,299	6,300	6,305	6,299	6,304	6,301	6,302	6,299
6,300	6,305	6,298	6,301	6,297	6,296	6,300	6,298	6,298	6,296

Tolerancia =  $6.3 \pm 0.008$



## 7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD INDUSTRIAL Caso práctico 3

Se tiene un proceso de fabricación de anillos de pistón para motor de automóvil y a la salida del proceso se toman las piezas y se mide el diámetro. ¿El proceso está bajo control?

$$\text{Tolerancia} = 74 \pm 0.035$$

### Material de trabajo (Moodle):

- Presentación Power Point → 7H\_ Cómo desarrollar un caso práctico. (ADD)
- Caso Práctico resuelto

TIPO DE DEFECTO	Nº DEFEECTOS
1	74,012
2	73,995
3	73,987
4	74,053
5	74,003
6	73,994
7	74,008
8	74,001
9	74,015
10	74,030
11	74,001
12	74,015
13	74,035
14	74,017
15	74,010

## **LAS 5S Caso práctico propuesto de aplicación.**

Como ingeniero, se te pide junto a tu equipo de trabajo (compañeros de clase) llevar a cabo una implantación de la herramienta 5S en los talleres del departamento de fabricación de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial.

Dada la gran cantidad de alumnos que pasan por los talleres del departamento de fabricación de la EINA junto a los operarios que allí desempeñan esas sesiones prácticas y otras funciones docentes y de investigación, se ha considerado interesante que se realice dicha actividad para optimizar el funcionamiento del taller.

### ***Material de trabajo (Moodle):***

- *Presentación Power Point → 5S\_Cómo desarrollar un caso práctico. (ADD)*
- *Casos práctico resuelto → (ADD)*

### ***Trabajo a realizar:***

Llevar a cabo dicha implantación, completando y explicando, para la posterior entrega de un informe final, todos los pasos que deben llevarse a cabo y que están recogidos en la presentación de cómo realizar un caso práctico.

Se valorará positivamente la presencia de documentos fotográficos en el informe que evidencien las mejoras llevadas a cabo.

## KANBAN Caso práctico resuelto planta de producción de automóviles.

La planta de fabricación de automóviles de IBERUS, tiene una demanda mensual por el modelo de IBERUS Cabrio de 1200 vehículos. En la planta se trabaja 20 días al mes.

### **Material de trabajo (Moodle):**

- *Presentación Power Point → KANBAN\_ Cómo desarrollar un caso práctico. (ADD)*
- *Caso práctico resuelto → (ADD)*

### **Trabajo a realizar:**

Calcular el número de KANBAN que son necesarios para el proceso de colocación de los neumáticos en los automóviles si:

- El tiempo de ciclo de los neumáticos es de 3 horas, lo que equivale a  $\frac{1}{4}$  de día de trabajo.
- El tamaño de lote es de 16 neumáticos en cada contenedor.
- El factor de seguridad 1.5.

## **POKA YOKE Caso práctico resuelto empresa alimenticia.**

**Situación:** En una empresa alimenticia, había un gran y pesado portón que se usaba para retirar el producto terminado.

**Problema:** Era bastante común, encontrar el portón abierto de par en par, con los consiguientes inconvenientes de cara a la obtención de la adecuada barrera sanitaria.

### ***Material de trabajo (Moodle):***

- *Presentación Power Point → Poka Yoke\_ Cómo desarrollar un caso práctico. (ADD)*
- *Casos prácticos resueltos → (ADD)*

### ***Trabajo a realizar:***

Determinar:

- ***Solución que siga la lógica convencional.***
- ***Solución basada en el concepto CERO DEFECTO / POKA YOKE***

### **NOTA:**

En el pasado la empresa trato de colocar puertas de cierre automático, pero como consecuencia del elevado peso del portón, los modelos convencionales terminaban rompiéndose.

## **POKA YOKE Caso práctico resuelto línea de embalado.**

**Situación:** Una línea de embalado, contiene 3 tipos diferentes de contenedores, donde se embalan piezas de un mismo tipo. Los contenedores son propiedad del Cliente, y cada tipo cargaba una cantidad diferente de piezas.

**Problema:** Han llegado quejas del cliente por diferencias de cantidad, entre lo que manifestaban los remitos y lo que realmente recibía. Si bien a largo plazo las cantidades coincidían, en el corto no, y esto le generaba problemas de stock y programación en su línea de producción. La causa era que los operarios confundían los contenedores entre si.

### ***Material de trabajo (Moodle):***

- *Presentación Power Point → Poka Yoke\_ Cómo desarrollar un caso práctico. (ADD)*
- *Casos prácticos resueltos → (ADD)*

### ***Trabajo a realizar:***

Determinar:

- ***Solución que siga la lógica convencional.***
- ***Solución basada en el concepto CERO DEFECTO / POKA YOKE***

### **NOTA:**

Los 3 tipos de contenedores poseen el mismo ancho y profundidad, pero diferente altura. Cada tipo de contenedor cargado de piezas tiene un peso diferente.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

ARMANDO.J, FRANCO.P y CADAVID.L *Aplicación de herramientas de pensamiento sistémico para el aprendizaje de Lean Manufacturing*. [en línea]. [ref. de 9 de julio de 2014] Disponible en Web:

<[https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas\\_teleomatica/article/viewFile/1016/1041](https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_teleomatica/article/viewFile/1016/1041)>

FUENTES.J, PÉREZ.A, MONTONO.A, DOMINGUEZ.M y CALZADILLA.O. *La plataforma interactiva Moodle: Una oportunidad para la docencia universitaria de la Física*. [en línea]. [ref. de 29 de abril de 2014] Disponible en Web: <[www.lajpe.org/sep07/FUENTES\\_Final.pdf](http://www.lajpe.org/sep07/FUENTES_Final.pdf) >

FUNDIBEQ ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E) [en línea] [ref. de 9 de abril de 2014] Disponible en Web:

<[www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tool/amfe.pdf](http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tool/amfe.pdf) >.

HERNANDEZ, Juan Carlos. VIZÁN, Antonio. *LEAN MANUFACTURING, conceptos, técnicas e implantación*. [en línea]. [ref. de 10 de febrero de 2014] Disponible en Web:

<<http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnicae-implantacion>>

LÓPEZ, Mortarotti. SANCHEZ, Ivan. GARCÍA, Fabricio *Implementación del método anti errores: POKA YOKE*. [en línea] Universidad Tecnológica Regional, facultad de San Rafael. [ref. de 20 de junio de 2014] Disponible en Web:

<[http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini\\_2013/trabajos/COA12\\_TC.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2013/trabajos/COA12_TC.pdf) >

MARTÍNEZ, C y FERNÁNDEZ, M. *El uso de Moodle como entorno virtual de apoyo a la enseñanza presencial*. [en línea]. [ref. de 26 de julio de 2014] Disponible en Web:

[http://www.edutic.ua.es/wp-content/uploads/2012/06/La-practica-educativa\\_291\\_300-CAP25.pdf](http://www.edutic.ua.es/wp-content/uploads/2012/06/La-practica-educativa_291_300-CAP25.pdf)

MULET.E, ALBEROLA.M, CHULVI.V, RAMOS.J y BOVEA.M<sup>a</sup>.D. *Problemas resueltos de análisis de riesgos en instalaciones industriales*. [en línea]. [ref. de 9 de abril de 2014] Disponible en Web: < [http://eujer.uji.es/pls/www/!api\\_web.descargas?f\\_idioma=ES&f\\_tabla=2&f\\_id=75614](http://eujer.uji.es/pls/www/!api_web.descargas?f_idioma=ES&f_tabla=2&f_id=75614)>

PECH, Eduardo Guillermo. MAY, José Enrique. *El sistema KANBAN y su procedimiento*. [en línea] Instituto Tecnológico de Calkini en el estado de Campeche. [ref. de 9 de abril de 2014] Disponible en Web:

<<https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CQAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.itescam.edu.mx%2Fprincipal%2Fsylabus%2Fpdb%2Frecursos%2Fr91184.PPTX&ei=K2y9U--HCquY0AXnoAw&usg=AFQjCNGDymSZ6t-BB3iDjKbnXVzk6JT3fg&bvm=bv.70138588,d.d2k>>

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL. *Herramientas para el control y la mejora de la calidad, calidad práctica*. [en línea] [ref. de 20 de junio de 2014] Disponible en Web:

<[http://www.ucipfg.com/Repositorio/MAP/MAPD06/UNIDADES\\_DE\\_APRENDIZAJE/Unidad4/complementarias/Herramientas\\_calidad.pdf](http://www.ucipfg.com/Repositorio/MAP/MAPD06/UNIDADES_DE_APRENDIZAJE/Unidad4/complementarias/Herramientas_calidad.pdf)>

SARMIENTO, Luis. *Metodología para la implementación de las 5 S's*. [en línea] Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior A.C. [ref. de 20 de junio de 2014] Disponible en Web: <[http://www.upchiapas.edu.mx/media/sgc/DA/MANUAL5\\_S.doc](http://www.upchiapas.edu.mx/media/sgc/DA/MANUAL5_S.doc)>

SALINAS, Maria Isabel. *Entornos virtuales de aprendizaje en la escuela: tipos, modelo didáctico y rol del docente* [en línea]. [ref. de 9 de julio de 2014] Disponible en Web:

<[http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo82/files/educacion-EVA-en-la-escuela\\_web-Depto.pdf](http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo82/files/educacion-EVA-en-la-escuela_web-Depto.pdf)>

